

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Année 1910

THÈSE

N° 395

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

M. TH. MARCOU

ANCIEN EXTERNE DES HOPITAUX DE PARIS

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LES

Conditions physiologiques du Travail des Mineurs

INFLUENCE DE LA VENTILATION

Président : M. ROGER, Professeur

PARIS

G. STEINHEIL, ÉDITEUR

2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

1910



FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

Année 1910

THÈSE

N° 395

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

PAR

M. TH. MARCOU

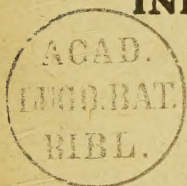
ANCIEN EXTERNE DES HOPITAUX DE PARIS

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

SUR LES

Conditions physiologiques du Travail des Mineurs

INFLUENCE DE LA VENTILATION



Président : M. ROGER, Professeur

PARIS

G. STEINHEIL, ÉDITEUR

2, RUE CASIMIR-DELAUVIGNE. 2

1910

FACULTE DE MÉDECINE DE PARIS

Doyen	M.	LANDOUZY.
Professeurs	MM.	
Anatomie.....		NICOLAS.
Physiologie.....		Ch. RICHER.
Physique médicale.....		GARIEL.
Chimie organique et Chimie minérale.....		GAUTIER.
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.....		BLANCHARD.
Pathologie et thérapeutique générales.....		ACHARD.
Pathologie médicale.....		DEJERINE.
Pathologie chirurgicale.....		WIDAL.
Anatomie pathologique.....		LANNELONGUE.
Histologie.....		MARIE (Pierre).
Opérations et appareils.....		PRENANT.
Pharmacologie et Matière médicale.....		HARTMANN.
Thérapeutique.....		POUCHET.
Hygiène.....		GILBERT.
Médecine légale.....		CHANTEMESSE.
Histoire de la Médecine et de la Chirurgie.....		THOINOT.
Pathologie comparée et expérimentale.....		CHAUFFARD.
		ROGER.
		HAYEM.
Clinique médicale.....		DIEULAFOY.
		DEBOVE.
		LANDOUZY.
		HUTINEL.
Clinique des maladies des enfants.....		GAUCHER.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.....		BALLET (Gilbert).
Clinique de pathologie mentale et des maladies de l'encéphale.....		RAYMOND.
Clinique des maladies nerveuses.....		QUENU.
		RECLUS.
Clinique chirurgicale.....		SEGOND.
		DELBET (Pierre).
		DE LAPERSONNE.
Clinique ophtalmologique.....		ALBARRAN.
Clinique des voies urinaires.....		PINARD.
		BAR.
Clinique d'accouchements.....		RIBEMONT-DESSAIGNES.
		POZZI.
Clinique gynécologique.....		KIRMISSON.
Clinique chirurgicale infantile.....		ROBIN.
Clinique thérapeutique.....		

Agrévés en exercice

MM.	MM.	MM.	MM.
AUVRAY.	CUNEO.	LAUNOIS.	NOBECOURT.
BALTHAZARD.	DEMELIN.	LECENE.	OMBREDANNE.
BEZANÇON.	DESGREZ.	LEGRY.	POTOCKI.
BRANCA.	DUVAL.	LENORMANT.	PROUST.
BRINDEAU.	GOSSET.	LOEPER.	RENON.
BROCA (André).	GOUGET.	MACAIGNE.	RICHAUD.
BRUMPT.	JEANNIN.	MAILLARD.	RIEFFEL.
CARNOT.	JEANSELME.	MARION.	SICARD.
CASTAIGNE.	JOUSSET.	MORESTIN.	ZIMMERN.
CLAUDE.	LABBE (Marcel).	MULON.	
COUVELAIRE.	LANGLOIS.	NICLOUX.	

Le Secrétaire de la Faculté : DESTOUCHES.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ou improbation.

A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A MES PARENTS

A MES AMIS



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur ROGER

PROFESSEUR DE PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

MÉDECIN DES HOPITAUX

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

Hommage de respectueuse reconnaissance

Arrivé au terme de nos études médicales, nous tenons à nous acquitter d'un devoir bien dcux à remplir, celui d'adresser nos remerciements à nos Maîtres qui pendant nos années de stage et d'externat dans les Hôpitaux, ont contribué à notre instruction médicale.

M. le Professeur DEBOVE

M. le Docteur PEYROT

PROFESSEUR AGRÉGÉ
CHIRURGIEN DES HOPITAUX

M. le Professeur GAUCHER

M. le Professeur BUDIN (*In memoriam*)

M. le Professeur TERRIER (1905-1906) (*In memoriam*)

M. le Docteur GOSSET

PROFESSEUR AGRÉGÉ
CHIRURGIEN DES HOPITAUX

M. le Docteur LETULLE (1906-1907)

PROFESSEUR AGRÉGÉ
MÉDECIN DES HOPITAUX

M. le Docteur SOULIGOUX (1907-1908)

CHIRURGIEN DES HOPITAUX

M. le Docteur HIRTZ (1908-1909)

MÉDECIN DES HOPITAUX

M. le Docteur VARIOT (1909-1910)

MÉDECIN DES HOPITAUX

Qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde reconnaissance à M. le docteur LANGLOIS, professeur agrégé, chef des travaux physiologiques, membre du Comité central d'Hygiène des mines, qui a bien voulu nous inspirer le sujet de notre thèse que nous avons composée dans son laboratoire sous sa savante direction.

Je tiens aussi à remercier mon ami le docteur GARRELON, préparateur des travaux physiologiques, Monsieur DESBOUIS, interne des hôpitaux et préparateur des travaux physiologiques, ainsi que mes camarades MM. ROUTHIER, BOUSSAQUET, ALLAMAGNY, élèves du laboratoire des travaux physiologiques, pour leur aimable collaboration.

CHAPITRE PREMIER

AVANT-PROPOS. — LES IDÉES DE FLÜGGE

Il est de constatation courante que l'accumulation de personnes dans un espace clos peut provoquer plus ou moins rapidement l'apparition de symptômes morbides. Etourdissements, vertiges, céphalalgie, que le renouvellement de l'air fait disparaître.

En 1888, Brown-Sequard et d'Arsonval, à la suite d'une série d'expériences, admirent la production par l'homme d'un poison qu'ils appelèrent « l'anthropotoxine », Merkel, un peu plus tard, arriva aux mêmes conclusions. Aussi recommande-t-on la ventilation des pièces habitées parce que l'air est vicié par les gaz excrétés par l'homme.

Toute une école, principalement en Allemagne, s'est élevée contre ce rôle de l'air vicié et nous croyons devoir présenter ici l'opinion de Flügge, de Breslau.

« Les hygiènes populaires aussi, parlent de l'hypothèse de l'anthropotoxine et, pour montrer la nécessité de la ventilation des pièces habitées, on ne présente d'autre argument que le danger d'empoisonnement et ce danger est décrit d'une façon qui ne tient point compte des données quantitatives. Même la plus simple habitation d'ouvriers doit être ventilée, sinon, les habitants sont exposés à l'empoisonnement chronique par le poison humain » (Flügge). Mais dans la suite, les expériences

successives de Ben, Rauer, Lübbert Lechmann et Sessen Formonek ne purent démontrer la présence d'aucune substance chimique nuisible dans les gaz excrétés par l'homme ou les animaux.

Hermans remarqua aussi que les phénomènes morbides observés dans les espaces clos où respiraient un grand nombre de personnes, n'étaient pas dus tant aux altérations du milieu qu'à ses modifications thermiques et hygrométriques ; Flügge, en 1905, rapporte des expériences faites d'une façon méthodique.

Des personnes furent enfermées dans une chambre hermétiquement close. Bien que la proportion de CO_2 s'élevât de 1 à 1,5 %, elles ne ressentirent aucun malaise tant que la température de la chambre resta basse.

On trouva des résultats identiques et une absence de fatigue mentale dans une école pleine d'élèves, mais moyennement chaude.

Mêmes conclusions avec des malades emphysémateux, cardiaques, néphrétiques, qui supportèrent pendant quelques heures l'air vicié de l'appareil sans aucun symptôme de gêne somatique ou psychique.

Mais si on élève la température ou la proportion de vapeur d'eau, tout change.

A 26° avec une humidité moyenne et à 24° avec un air saturé de vapeur d'eau, toutes les personnes en expériences, ressentent des malaises, oppression, étourdissements, nausées, céphalalgie.

Si à ce moment, on établit une circulation très active de l'air de la chambre d'expérience, sans la renouveler, ce brassage facilitant chez les sujets l'émission de chaleur

et vapeur d'eau, immédiatement tous les symptômes décrits plus haut disparaissent.

Ces expériences montrent le peu d'influence exercée par la viciation chimique de l'air.

Une expérience nouvelle vient encore confirmer ces données. On place une personne dans la chambre d'expérience, mais on lui fait respirer un air pur, dont la température et l'état hygrométrique sont identiques à ceux de l'air de la chambre. Dans ces conditions, les symptômes signalés, avec la respiration ayant lieu directement dans l'espace confiné, se manifestent encore avec la même intensité.

D'un autre côté, des personnes en dehors de la chambre d'expérience respiraient l'air de celle-ci en se bouchant les narines, pour empêcher la mauvaise odeur d'être perçue. Elles n'éprouvèrent aucun malaise et n'avaient pas l'impression de se trouver dans un air vicié. Mais les phénomènes morbides apparurent dès qu'elles se mirent dans les conditions thermiques identiques à celles de la chambre.

Ces diverses expériences montrent donc que les altérations chimiques de l'air provoquées dans les espaces habités, par les excreta gazeux des hommes n'exercent aucun effet nuisible sur la santé des habitants.

Si dans un espace clos et rempli d'hommes, il se présente des troubles morbides tels que malaises, fatigue, céphalée, étourdissements, vertiges, ces symptômes doivent être attribués à l'excès de calorique.

Les conditions physiques de l'air ambiant : chaleur, humidité, mouvement, sont pour notre bien-être beaucoup plus importants que la constitution chimique de l'air.

Telles sont les conclusions évidemment trop exclusives de Flügge.

Cette question de la ventilation prend une importance considérable dans les milieux industriels : filatures de lin, mines métalliques ou de combustibles. Appelé par le D^r Langlois, à travailler avec lui et ses collaborateurs dans la galerie de mines installée dans le laboratoire de travaux pratiques de physiologie, nous avons pu étudier sur quelques-unes de ces faces ce problème si intéressant.

CHAPITRE II

LA GALERIE DE MINES D'EXPÉRIENCE

Quand le D^r J.-P. Langlois fut chargé par le Comité central d'hygiène des mines, d'étudier les conditions physiologiques de l'ouvrier mineur, principalement au point de vue de l'influence que les températures chaudes et humides peuvent exercer sur la santé des mineurs, il proposa au Comité le plan d'étude suivant :

1^o Voyage d'étude dans les mines de charbon de France, en visant spécialement les mines chaudes et humides ;

2^o Etude expérimentale au laboratoire des travaux physiologiques de la Faculté de Médecine des conditions particulières observées dans les mines ;

3^o Transport des moyens d'étude expérimentés, dans la mine même, avec observation sur le personnel même des mines.

Ce plan fut adopté, les crédits mis à la disposition par le Comité des houillères et la caisse des recherches scientifiques permirent d'organiser, avec l'autorisation de M. le Doyen, une galerie de mines d'expérience, dans une partie des laboratoires des travaux pratiques de physiologie et du Professeur Richet.

La galerie de mine fut établie par M. Bousquet, ingé-

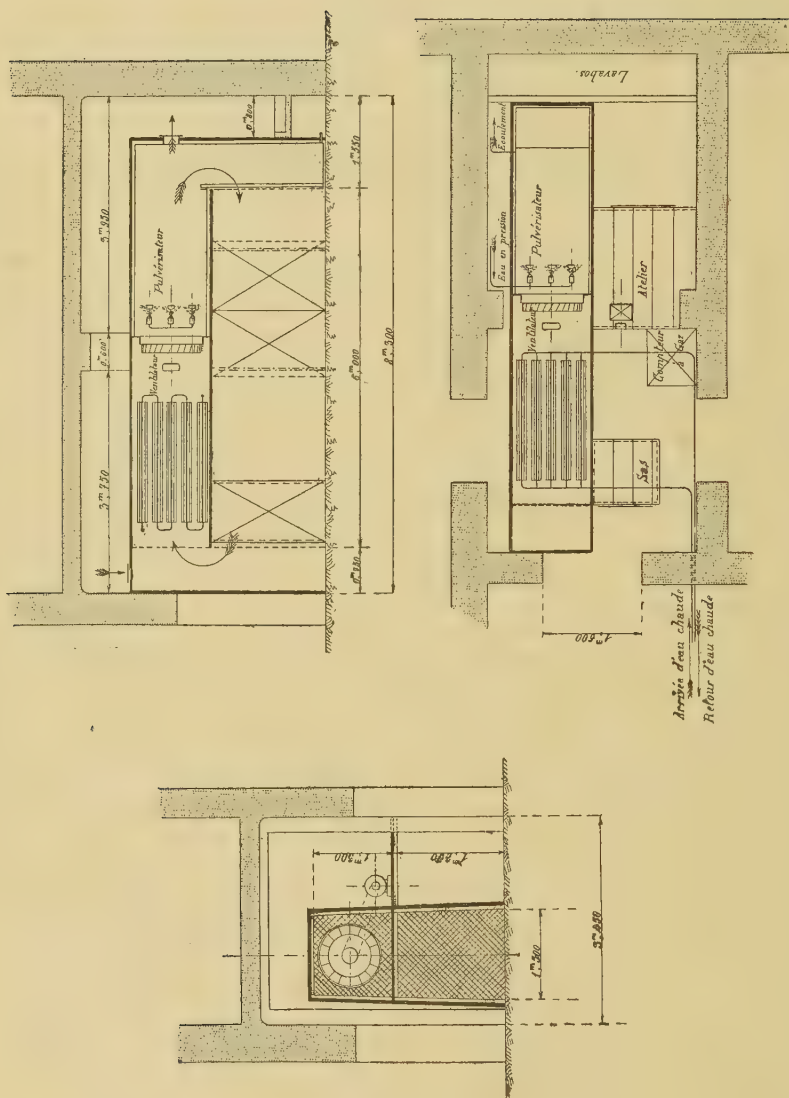


FIG. 1. — Galerie de mine d'essai à la Faculté de médecine de Paris (Ech. /80)

nier du Comité des houillères, par MM. Monnet et Moyne, suivant les indications du D^r Langlois.

Les conditions à remplir, établies après le voyage d'étude dans les mines et pour répondre au desiderata du Comité d'hygiène, étaient les suivantes :

1^o Réaliser dans la galerie, ayant 2 mq. 50 de section une vitesse de l'air pouvant varier au gré de l'opérateur entre 0 et 4 mètres par seconde.

2^o La température de la galerie, même en pleine ventilation pouvant osciller à volonté entre la température extérieure au moment de l'expérience, même pendant la saison froide et 40° centigrades.

Pour éviter des dépenses trop considérables de combustibles, l'air devait circuler en circuit fermé mais avec un renouvellement de 150^{m³} à l'heure.

3^o Le degré hygrométrique de l'air de la galerie pouvant varier du degré hygrométrique de l'air extérieur, au point de saturation, quelle que soit la température intérieure de la galerie jusqu'à 40° centigrades.

Galerie d'expérience en bois. — La galerie d'expériences fut établie en bois de sapin de 27 m/m, rainées, maintenue par des charpentes en chevrons de 8/8 assemblés et entretoisés.

La galerie avait 7 mètres de longueur, 1^m50 de largeur et 1^m80 de hauteur, réalisant ainsi le type d'une galerie ordinaire de mines et présentant une section de 2 mq. 50.

Au-dessus de la galerie de mines, une seconde galerie constituant le retour d'air renfermait les radiateurs, le ventilateur et les pulvérisateurs. Deux couches de pein-

ture noire assurèrent une étanchéité suffisante de la galerie. Aux deux extrémités de la galerie, des tôles perforées de trous de 2 cent. de diamètre, disposées obliquement, avaient pour but de régulariser le débit d'air dans la galerie, mais ce procédé ayant été jugé insuffisant par la pratique, la plaque du côté d'arrivée fut remplacée par trois tôles à courbes paraboliques qui assurèrent une meilleure répartition des courants.

A la galerie était annexée : 1° une chambre de deux mètres de profondeur sur deux mètres de largeur, communiquant avec la galerie par deux portes à coulisse permettant de régler la ventilation de cette pièce désignée dans les expériences sous le terme de chantier. Suivant le réglage des portes, on pouvait en effet suppléer à l'absence de profondeurs en diminuant à volonté la quantité d'air pénétrant jusqu'au front de taille ;

2° Un sas à air avec double porte, permettait de pénétrer dans la galerie sans modifier l'intensité, ni la direction des courants d'air.

L'éclairage de la galerie est réalisée avec des lampes électriques, mais on dispose également de lampes de mineurs de sécurité. Il est important, en effet, de s'habituer à faire la lecture des divers appareils avec cet éclairage peu intense, puisque c'est celui dont on disposera dans les observations faites directement dans la mine.

Les communications avec le mécanicien, chargé à l'extérieur de diriger les appareils : dynamo, registres de réglage, pulvérisateurs, se font au moyen de sonneries électriques suivant le tableau ci-joint. Le bruit du moteur et du ventilateur ne permettant pas le téléphone.

Tableau des signaux électriques

Mise en marche du ventilateur.....	
Arrêt	— . — . — . — . —
Mise en marche des pulvérisateurs- - - - -	
Arrêt	— . — . — . — . —
Ouverture des registres- — - - - -	
Fermeture	— .. — .. — .. — .. —
Appel immédiat au guichet	_____

Circulation de l'air. — La circulation de l'air es assurée par un ventilateur hélicoïdal Monnet et Moyne de 1 mètre de diamètre, débitant 10^{m^3} à la seconde avec une dépression de $10^m/m$ d'eau.

Un moteur Alioth, alternatif monophasé, marchant à 42 périodes et 110 volts, débitant 6 chevaux à 1,200 tonnes.

La Faculté de Médecine ne pouvant fournir que du courant alternatif, les variations de la vitesse de l'air ne purent être réglées directement par une variation dans la marche du moteur et il fallut recourir au système des registres.

Ces registres, placés à l'extrémité correspondant à la sortie de l'air, sont au nombre de trois, un intérieur et deux mis en mouvement de l'extérieur et qui permettent de faire varier les vitesses à 0^{m50} près.

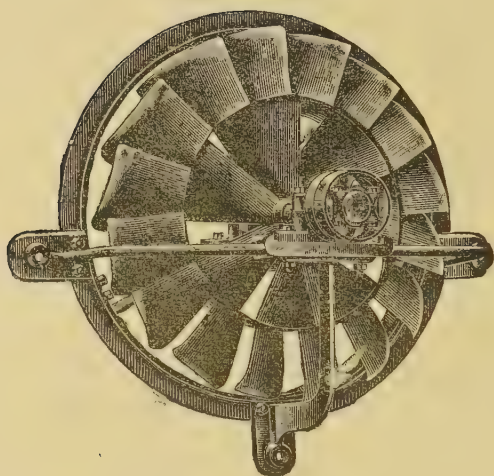


FIG. 2. — Ventilateur hélicoïdal à grand débit.
(Pression 10 m/m — Axe horizontal).

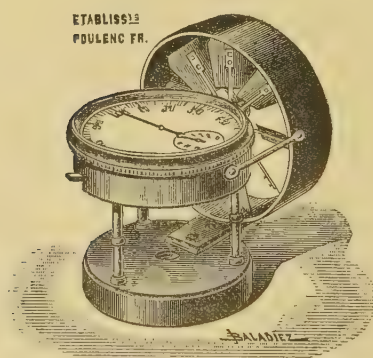


FIG. 3. — Anémomètre de Casartelli.

La vitesse était déterminée avec l'anémomètre de Casartelli. Malgré les efforts réalisés pour régulariser la distribution des veines aériennes, on note des différences sensibles suivant la hauteur observée. Les chiffres donnés dans ce travail sont toujours, sauf indication contraire, ceux pris à 1^m50 du sol, soit au niveau du thorax du sujet.

Chauffage de l'air. — Une chaudière à gaz du type Askania susceptible de produire 18,000 calories heures, installée dans une première pièce, est en communication par thermo-siphon avec une batterie de chauffe composée de 50 tuyaux de fonte de un mètre de longueur, à ailettes longitudinales, formant 5 faisceaux pouvant être rendus indépendants, une petite batterie fut annexée à l'ensemble pour chauffer directement le chantier.

Une erreur d'installation faite au début, ne permet pas d'établir dans la galerie même, des tuyaux de chauffe dans la partie inférieure. Le fonctionnement du thermo-siphon interdisait cette modification qui aurait été des plus utiles, pour assurer une température absolument égale pendant l'absence de ventilation.

On dut remédier à ce défaut, en plaçant dans la galerie ou le chantier deux lampes à gaz, disposées de telle sorte que les produits de combustion ne puissent contribuer à vicier l'air de la galerie.

Il est relativement facile d'élever progressivement la température de l'air en mouvement, en augmentant la chauffe, mais par contre, il est plus difficile de faire descendre rapidement cette température. En principe et pour éviter les dépôts calcaires dans la batterie, il faut

éviter de renouveler l'eau de la batterie, c'est donc par exception que l'on a fait baisser rapidement la température en balayant l'eau chaude du thermo-siphon par un courant d'eau froide.

Humidification de l'air. — L'humectation de l'air était réalisée à l'aide d'une batterie de 9 pulvérisateurs à filets fluides hélicoïdaux système Monnet et Moyne, avec filtres, rondelles, réglages et demi-sphère pour la pulvérisation. Cette batterie était placée après le ventilateur, enfermée dans un caisson horizontal de tôle galvanisée de 3 mètres de longueur sur 1^m30 de hauteur et 1^m30 de largeur, continué par un caisson vertical de 2 mètres de hauteur.

L'eau est prise directement sur les conduites d'eau de Seine, sans échauffement préalable et la pulvérisation amène nécessairement une légère baisse de la température, mais on prévient cet inconvénient, en faisant monter de quelques degrés l'eau de la chaudière quelques instants avant la mise en marche des pulvérisateurs.

CHAPITRE III

VENTILATION DANS LES MINES

Nous n'avons pas l'intention d'entrer dans des détails techniques que l'on rencontre dans tous les ouvrages traitant de l'exploitation des mines. Nous nous contenterons d'insister sur quelques points intéressant la question qui nous occupe.

Les mines sont généralement profondes, constituées par des puits verticaux, avec galeries, suivant la pente même des couches exploitables, et des chantiers greffés le long des galeries.

Au point de vue physiologique, l'air des mines doit être envisagé :

1° Au point de vue de sa composition chimique ;

2° Au point de vue de son état hygrométrique ;

3° Au point de vue de sa température.

Nous ajouterons un quatrième élément :

4° Au point de vue de sa vitesse de circulation.

Composition de l'air des mines.

Cette composition varie nécessairement suivant une série de facteurs qu'il faut analyser.

Les chiffres suivants sont empruntés à Haldane (*The investigation of mine air*, p. 127).

Echantillon pris au retour d'air (Hamstead).

Oxygène.....	20.55
Acide carbonique.....	0.13
Méthane.....	0.06
Azote.....	79.26

Echantillon pris dans une mine mal ventilée (Cornwall)

Oxygène.....	17.99
Acide carbonique.....	3.18
Azote.....	78.83

Echantillon pris dans une canalisation abandonnée (Hamstead).

Oxygène.....	3.35
Acide carbonique.....	5.25
Azote.....	84.03
Méthane.....	7.33
Oxyde de carbone.....	0.04

Les causes de la viciation de l'air.

La viciation de l'air dans une mine est due à des facteurs multiples :

- 1° Les échanges gazeux des hommes et des animaux employés dans la mine et des lampes ;
- 2° Les oxydations dans les terrains ;
- 3° Les gaz provenant des explosifs ;

Les combustions des êtres vivants et des lampes.

— Les mineurs fournissent pendant leur séjour de huit

heures dans la mine, un travail considérable, ils arrivent après le déjeuner du matin et prennent un repas froid dans la mine. On peut donc évaluer facilement les échanges gazeux de chaque mineur aux chiffres suivants :

Acide carbonique produit 60 litres par heure

Oxygène consommé. . . . 70 litres —

Les chevaux ou mulets employés à la traction.

Acide carbonique produit 140 litres par heure.

Oxygène consommé. . . . 150 litres —

Suivant le type de lampe employé par les mineurs, on observe des échanges gazeux différents.

L'agenda des mines indique qu'une lampe consomme autant qu'un homme, le chiffre est vrai pour l'homme au repos, il ne l'est plus pour l'homme au travail, et Haldane admet que chaque lampe représente $1/3$ environ des échanges du mineur. Chaque ouvrier ayant sa lampe, on peut donc augmenter de 33 % les chiffres attribués à la respiration humaine.

Les oxydations dans la mine. — La quantité d'acide carbonique produit par les combustions des êtres vivants et des lampes, représente quelquefois la plus grande partie du gaz trouvé dans l'air de la mine. Mais, dans beaucoup d'exploitations ce facteur est insignifiant, en face de la masse formidable d'acide carbonique fourni par la mine elle-même, et qui forme le black damp des mineurs anglais.

L'opinion la plus probable est que le « black damp » est produit par l'action de l'oxygène de l'air sur les pyrites de fer (Fe S_2) que l'on rencontre dans tous les minerais et dans le charbon.

En présence des carbonates, le fer se dépose comme hydrate ferrique, et il se forme du sulfate de chaux.

Pour Haldane, la formation du black damp s'explique par les réactions successives suivantes :



Cette formule peut varier évidemment, suivant que l'on fait intervenir les pyrites de cuivre ou le carbonate de fer. Suivant les réactions considérées, on peut calculer des black damp ayant des compositions très variables

$$\text{CO}_2 \text{ } 12,4 \text{ } \% \quad \text{A}_3 \text{ } 88,6 \text{ } \%$$

$$\text{CO}_2 \text{ } 22 \text{ } \% \quad \text{A}_3 \text{ } 78 \text{ } \%$$

Dans certaines mines, la quantité de CO_2 produite par le sol entre pour 96 % dans la quantité totale.

Ce simple énoncé suffit pour montrer que le calcul de la ventilation par tête d'ouvrier est absolument insuffisant, au moins dans certaines mines.

Dans les mines à ventilation suffisante et bien entretenues, le black damp ne peut s'établir dans les chantiers occupés, mais il s'accumule dans les vieux chantiers abandonnés et il suffit d'une variation dans la pression de l'air des galeries pour le voir envahir les points occupés et provoquer des accidents graves. C'est évidemment dans les mines à ventilation naturelle, que les variations de la pression barométrique peuvent provoquer ces irruptions de gaz toxiques ; dans les mines à ventilation artificielle à grand débit, elles sont presque impossibles.

Les gaz provenant des explosifs. — Les différents explosifs employés dans les mines contribuent évidemment à vicier l'air.

La nitroglycérine en détonant fournit 63 % d'acide carbonique sans oxyde de carbone, mais quand elle fuse, brûlant en contact avec ses propres gaz, elle fournira 36 % de Co et 50 % d'acide azoteux en chiffre rond, corps éminemment délétère.

La poudre à canon, elle, produit moins de Co, 7 %, mais des quantités considérables d'acide carbonique 50 %.

Les chiffres suivants montrent les modifications apportées par un coup de gélinite.

	O.	Co ²	C, O	H ₂
Avant l'explosion	20,3	0.43	0.00	0.00
Après l'explosion	19,7	2.72	0.24	0.03

Causes de l'élévation de la température dans les mines.

L'élévation de la température dans les mines dépend de plusieurs facteurs :

- 1° La profondeur même de la mine ;
- 2° Les sources de chaleur provenant de l'exploitation : lampes, hommes, chevaux, coup de mines ;
- 3° Les sources de chaleur provenant des oxydations ou des phénomènes mécaniques.

PROFONDEUR. — La température croît à mesure que l'on s'enfonce sous terre, et on a cru pouvoir établir une loi générale posant en principe que la température s'élève de 1° par 30 mètres, c'est le degré géothermique.

Les observations nombreuses ont montré que cette loi n'était pas applicable en tous points, et surtout que dans la pratique, d'autres facteurs intervenaient et les données actuelles font varier le degré géothermique entre 20 et 52 mètres. Il suffit donc d'affirmer que plus une mine

sera profonde, plus elle doit être chaude. Tel le cas des mines de Ronchamps, atteignant 1017 mètres et ayant une température de 39°.

LES ÊTRES VIVANTS. — Un mineur au travail avec sa lampe produit 400 calories heures au minimum, un cheval 700 calories.

LES OXYDATIONS dans les mines sont un des éléments les plus importants de l'élévation thermique.

Les pyrites de fer, Fe S^2 , que l'on trouve dans presque toutes les exploitations minières, sont susceptibles, comme nous l'avons signalé déjà, à propos de la formation du black damp, de s'oxyder et de donner une production de chaleur considérable.

En admettant que la formation du sesquioxyde de fer produit 197 calories, celle de l'acide sulfurique 141, on peut représenter la réaction thermique générale ainsi :



Ces 761 calories correspondent à une consommation de 240 gr. d'oxygène (15×16). Chaque gramme d'oxygène consommé représente donc un dégagement de 3,17 grandes calories.

En déterminant la composition de l'air à l'entrée et à la sortie de la mine, on peut connaître la quantité d'O absorbé et en déduire la chaleur produite.

Haldane, indique un calcul de ce genre dans une mine du Staffordshire et trouve une production de 60,800 grandes calories par minutes.

Mais ces 60,800 calories ne sont pas utilisées uniquement à chauffer l'air. S'il en était ainsi, dans les chiffres cités de Haldane, les 1,800 kilogrammes d'air qui

passaient par minute dans la mine auraient dû être portés à près de 150°, alors que l'on ne constatait que 27°, la température de l'air à l'entrée étant de 15°. Une partie de la chaleur produite est employée à la vaporisation de l'eau et la plus grande partie, sans doute, se perd par conductibilité dans le sol.

Enfin comme cause de production de chaleur, il faut faire intervenir le tassement des remblais, mais nous ne pouvons insister ici sur cette question encore très controversée et qui exige de nouvelles études.

Aération. — Le titre VIII du projet général de l'exploitation des mines vise l'aération des mines.

L'art. 105, premier du titre VIII est ainsi libellé :
« Tous les ouvrages souterrains, accessibles aux ouvriers doivent être parcourus par un courant d'air régulier, suffisant pour déterminer l'assainissement, éviter toute élévation exagérée de température et garantir contre tout danger provenant des gaz nuisibles et des fumées dans les circonstances normales d'exploitation.

En aucun cas, sauf dans la période préparatoire, la quantité d'air circulant dans l'un quelconque des quartiers d'une mine ne peut être inférieure à 25 litres par seconde et par ouvrier occupé au poste le plus chargé ; ce nombre sera porté à 50 dans les mines de combustibles.

La vitesse de l'air dans les puits et galeries, ne peut dépasser 6 mètres par seconde, sauf dans les puits et dans les travers-bancs ou retours principaux qui ne servent pas normalement au transport des produits ou à la circulation du personnel. »

A la Commission d'hygiène des mines, les représen-

tants des houillères ont fait de sérieuses objections contre une réglementation aussi stricte.

L'application d'un minimum de 50 litres par seconde se heurterait, disent-ils, dans la plupart des cas à une impossibilité. Les règlements de Breslau, de Bonn, ne demandent que 33 litres, celui de Dortmund stipule, il est vrai, 50 litres et les dérogations sont rares, mais la régularité des couches, en Westphalie, permet d'assurer sans difficulté la répartition d'un courant d'air de cette intensité.

En France, dans les exploitations de couches minces, la section libre au front de taille est si faible qu'il faudrait quelquefois donner à l'air des vitesses dépassant 15 mètres, vitesses interdites avec raison par le règlement.

La détermination du cube d'air doit être une question d'espèce et doit être basée sur la température et la teneur en grisou. Il suffirait dans une réglementation de fixer un minimum pour l'ensemble de la mine (30 litres par exemple).

En fait, nous croyons que fixer la ventilation d'une mine par le nombre d'ouvriers est une erreur, même quand il ne s'agit pas de mines grizouteuses. Nous avons vu plus haut que le facteur prépondérant de la viciation de l'air et de l'élévation de température était souvent l'oxydation des matériaux du sous-sol ; cette oxydation étant variable, suivant les conditions géologiques.

C'est l'opinion exprimée par la commission anglaise d'enquête sur les mines (deuxième rapport, p. 77). C'est en fait l'avis auquel s'est rangé la commission française.

M. Weiss ayant fait observer que le premier alinéa de l'art. 105 posait le principe que l'aérage doit suffire à

toutes fins utiles, il suffit de laisser les ingénieurs du contrôle veiller à l'application de ce principe, à chaque cas particulier, pourvu qu'une circulaire ministérielle leur indiquât qu'en général les quantités d'air circulant dans les quartiers de la mine doivent être celles qui figuraient dans l'alinéa 2.

En ce qui concerne la vitesse maxima, les représentants des houillères déclaraient que le chiffre de 6 mètres était trop faible, qu'il aurait pour effet de limiter le volume total et ils proposaient de le porter à 8 mètres.

La commission a maintenu le chiffre de 6 mètres, mais en provoquant des dérogations accordées par l'Ingénieur en chef des mines.

Au point de vue de l'hygiène, une vitesse de 8 mètres dans les galeries d'entrée d'air, peut avoir évidemment un certain inconvénient. Les ouvriers sortant des chantiers à température élevée et à courant d'air faible se trouvant brusquement dans un courant violent et à température basse en hiver.

Il est donc prudent de maintenir le chiffre de 6 mètres qui, sauf les cas très exceptionnels, sera suffisant pour assurer une aération convenable, si la répartition de l'air est bien assurée et bien surveillée.

§ 3. — **Température et humidité.**

L'art. 103 du projet de règlement disait :

Sauf en cas de nécessité absolue, le travail est interdit dans les chantiers dont la température atteint 35° au thermomètre sec ou 30° au thermomètre mouillé.

Si la température dépasse 25° au thermomètre mouillé,

la durée de la journée de travail effectif ne pourra être supérieure à six heures.

Dans ces derniers temps, notamment à propos de filatures de lin, les règlements tendaient à tenir compte principalement de l'humidité relative de l'air, c'est-à-dire de la différence entre les thermomètres sec et mouillé. Haldane avait particulièrement insisté sur le peu d'importance de l'humidité relative donnée par le psychromètre et au contraire sur la valeur essentielle des données fournies par le thermomètre mouillé.

C'est cette question des rapports entre l'humidité et la chaleur qui avait préoccupé le Comité d'hygiène des mines et c'est ce qui avait motivé la mission confiée au docteur Langlois.

Il existe un certain nombre de mines, où la température atteint et même dépasse 35° au thermomètre sec, et où les mineurs fournissent une somme de travail sensiblement égale à celui de mines moins chaudes, mais l'air y est sec.

A Ronchamps, par exemple, Langlois a relevé dans les travaux par 1000 mètres de profondeur, 36°3, thermomètre sec, 26°8 thermomètre mouillé, soit un état hygrométrique de 50 environ. Mais quand l'état hygrométrique s'élève, le travail devient pénible, même avec des températures beaucoup plus basses.

On verra plus loin que Rubner établit le point critique vers 25° humide, Haldane l'établit à 26° (80° F.) et admet que le travail devient pratiquement nul avec 32° (90° F.) humide.

Toutefois sa proposition de ne tenir compte dans la réglementation du travail, que des indications du ther-

momètre humide n'a pas été admise par la commission d'enquête anglaise, qui n'a pas voulu accepter actuellement de limitation fixe sur les données du thermomètre mouillé.

La température de 30° est encore trop élevée, et si le Comité l'a maintenue, c'est à titre provisoire et en attendant les résultats de l'enquête.

Les premiers résultats obtenus dans la mine expérimentale, et que nous donnons plus loin, montrent ainsi que l'avait déjà indiqué le Dr Langlois au Comité, qu'une température de 25° au thermomètre humide est la limite compatible avec un bon travail. Au-dessous de ce chiffre, il y a lieu d'assurer une ventilation plus grande, et ici, nous ne pouvons que citer l'opinion du Dr Langlois, opinion acquise à la suite de son enquête dans les mines, confirmée par les expériences du laboratoire.

Entre 25 et 30° au thermomètre mouillé, la durée du travail ne doit être maintenue à 8 heures, que si la ventilation au front de taille est de 1^m20 au moins.

Le danger résultant d'une mobilisation des poussières par le courant d'air n'est pas à redouter dans le cas actuel (mines humides).

CHAPITRE III

TECHNIQUE

Les études faites dans la galerie de mines d'expériences, ont comporté la mise en fonction d'une série d'appareils, dont quelques-uns tout nouveaux, que nous croyons utiles de décrire.

Pour étudier les échanges respiratoires, il était nécessaire d'avoir à sa disposition un récipient d'une capacité assez grande pour que l'air ne fut pas trop chargé d' CO_2 même après quelques minutes de respirations, on avait donc utilisé un grand récipient en zinc cylindrique d'une capacité très exactement connue, 105 litres environ, fermé hermétiquement dans lequel on respirait grâce à une soupape de Tissot (type buccal). L'homogénéité du mélange dans le récipient était assurée :

1° Par l'interposition des deux chicanes disposées en sens inverse dans le cylindre ;

2° Par un brassage de l'air assuré, par un ventilateur hermétique placé à l'extérieur mu par un petit moteur et qui, grâce à un dispositif spécial imaginé par M. Langlois, pouvait envoyer à volonté l'air dans un sens ou dans l'autre.

La prise d'air était effectuée par un ballon de caoutchouc adapté à un petit tube branché sur le cylindre et

dans lequel l'air était envoyé, par une augmentation de pression que l'on pouvait obtenir en gonflant de l'extérieur un ballon de caoutchouc qui se trouvait normalement dans le cylindre et était en relation avec l'extérieur par un tube de verre.

La ventilation était mesurée en interposant un spiromètre de Verdin-Boulitte. Plus tard, on a modifié cette technique et le sujet inspirait à l'air libre par la soupape de Tissot et expirait dans un récipient en verre d'une contenance de quatre litres environ, l'air passait ensuite dans le spiromètre.

Les prises d'air étaient faites avec ce dernier dispositif en adaptant au récipient un tube en communication avec un appareil composé de deux ballons en verre d'une contenance chacun d'un demi-litre environ ; l'un d'eux rempli de mercure ou d'eau acidulée, l'autre vide, l'air pouvant aller dans l'un ou dans l'autre à volonté par une différence de pression. La prise était exécutée pendant toute la deuxième minute de chaque période respiratoire.

Le dosage des gaz était effectué :

- 1° Par l'appareil de Laulanié à potasse et à phosphore ;
- 2° Par un eudiomètre à potasse et acide pyrogallique.

Sphygmomanométrie. — La pression était prise le plus souvent avec l'oscillomètre de Pachon, car il permet mieux de déterminer l'amplitude de la pulsation artérielle, et, par suite, la pression dite constante.

L'oscillomètre représente un appareil entièrement original, construit sur des données physiques qui lui assurent deux caractéristiques propres spéciales : d'une

part une grande sensibilité, condition de ses avantages pratiques, et d'autre part, une sensibilité constante maximale, condition de son exactitude théorique.

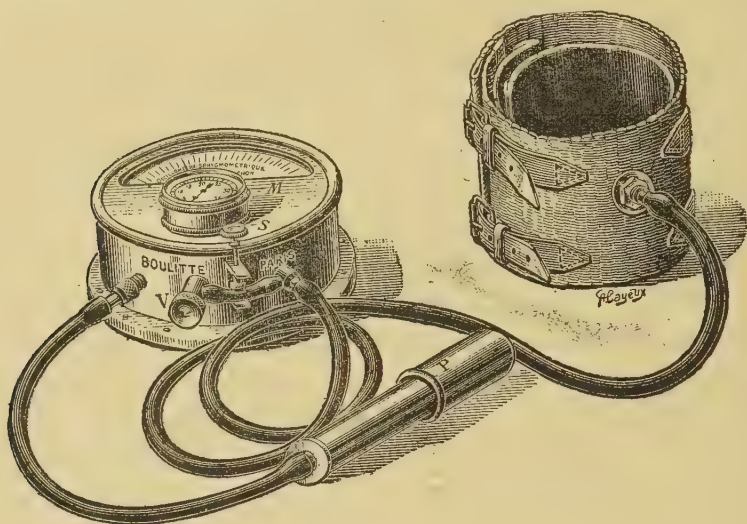


FIG. 6.

Le schéma ci-dessous montre comment l'oscillomètre

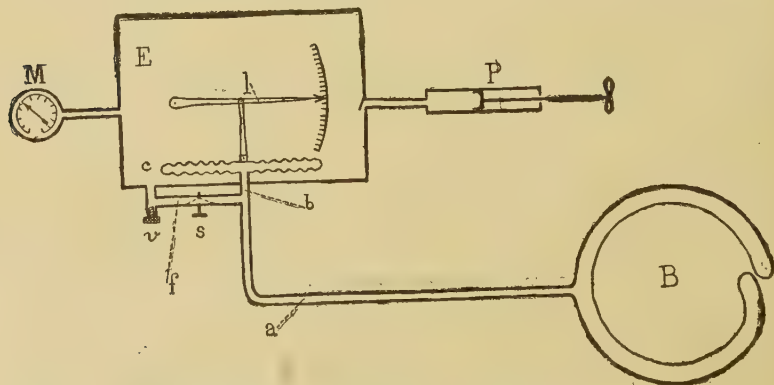


FIG. 7. — Schéma de l'oscillomètre sphymométrique

sphygmométrique, grâce à son principe de construction entièrement original, les réalise rigoureusement.

Dans une enceinte rigide (boîtier métallique) et parfaitement hermétique E est enfermée une cuvette anéroïde c. Boîtier E, capsule manométrique c et brassard B sont normalement en communication par les conduits *f*, *b*, *a*. Une pompe P permet d'établir toute pression voulue dans le système constitué par ces organes ; le chiffre de pression est donné par le manomètre M ; une valve d'échappement *v* permet de diminuer *ad libitum* la valeur du régime de pression préalablement établi.

Etant donné un régime quelconque de pression, veut-on faire une lecture, c'est-à-dire reconnaître l'amplitude des pulsations artérielles à ce régime, il suffit alors d'agir sur un organe séparateur S, dont la manœuvre intercepte la communication entre le boîtier E, d'une part, et le système composé du brassard B et de la capsule manométrique c, d'autre part. A ce moment, les variations de pression créées dans le brassard par les variations rythmiques de volume du segment de membre exploré sont transmises exclusivement à la capsule manométrique, qui les traduit nécessairement à tout régime de contre-pression avec une sensibilité constante et maximale, puisque ces variations de pression surprennent toujours la capsule manométrique dans un état de tension nulle, ses parois supportant à l'extérieur comme à l'intérieur la pression de régime à laquelle on fait la lecture, et donnée par le manomètre M.

On a utilisé aussi le sphygmométroscope d'Amblard. Quand on employait simultanément les appareils de Pachon et Amblard, ce dernier était appliqué au poignet comme

le premier et le pneumatique inférieur était seul mis en pression, dans ce cas, les chiffres recueillis sur le même sujet portant sur chaque avant-bras un appareil différent étaient suffisamment concordants. Néanmoins pour un même sujet et dans une série d'observations on utilise toujours le même appareil et un seul lecteur prenait les mesures de la pression.

Balance. — Les pesées étaient faites sur une balance indiquant le poids à 10 grammes près.

Thermométrie. — Les températures étaient mesurées :

1° Avec un thermomètre de Pittischer donnant le dixième de degré après 35 secondes de contact.

2° Par des sondes thermo-électriques, reliées à un appareil de mesure des plus sensibles, établi par M. Boulitte.

On a choisi pour effectuer les mesures le couple cuivre-constantan qui possède une force électromotrice assez notable et qui a permis d'employer une ligne en fils de cuivre entre la mine et la salle de mesures.

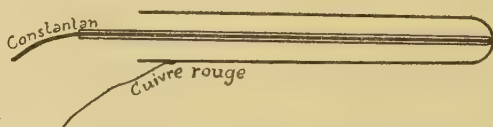


Fig. 8. — Sonde thermo-électrique, couple Constantan-cuivre.

Ces deux points étaient en effet assez éloignés l'un de l'autre et à des températures souvent très différentes, ce qui rendait nécessaire l'élimination absolue de causes d'erreurs pouvant provenir des couples thermo-électriques parasites.

Chaque couple affectait la forme d'une sonde constituée par un tube de cuivre rouge à l'intérieur duquel on avait placé un fil de constantan isolé et soudé à l'extrémité fermée du tube.

Un des couples était plongé dans la glace fondante, et l'autre dans le milieu dont on voulait évaluer la température.

Etant donnée l'exactitude exigée, on a employé un galvanomètre de grande sensibilité à deux enroulements. L'un de ceux-ci était fermé sur une résistance don-

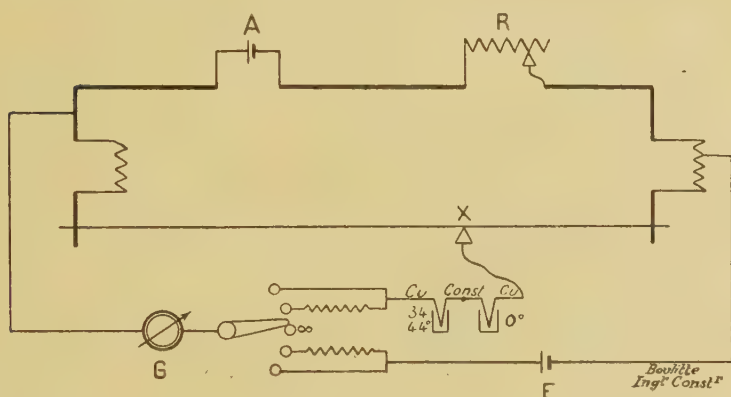


FIG. 9. — Schéma du système thermo-électrique : A accumulateur. — R rhéostat doublé à gros fil et à fil fin. — X pont à fil divisé. — E étalon Veston. — G galvanomètre. — O cuve à glace fondante. — 34-44° sonde rectale.

nant l'apériodicité critique pour permettre d'effectuer les lectures dans le minimum de temps.

L'appareil donne le 1/100 de degré centigrade.

Les lectures étaient faites par une méthode de zéro au moyen d'un potentiomètre spécialement construit dans ce but et dont la partie essentielle était un pont à fil divisé et étalonné directement en températures entre les limites de 34° et 44° centigrades.

Un élément étalon de Veston permettait de vérifier l'intensité du courant circulant dans le pont et de la maintenir constante au moyen d'une résistance de réglage. Cette vérification était faite chaque jour avant de commencer les mesures. Des résistances de sécurité de 100,000 ohms étaient placées dans le pont pour préserver l'étalon et le galvanomètre lorsque les forces électromotrices à opposer n'étaient pas encore très voisines ; dès que ce résultat était obtenu, ces résistances étaient supprimées au moyen d'un commutateur approprié. Le schéma représente la disposition employée.

Ergométrie. — Le travail était effectué et mesuré avec des méthodes diverses.

1° Ergographe de Mosso ;

2° Typtographe de Langlois, permettant d'enregistrer le travail effectué avec un marteau ou un pique ;

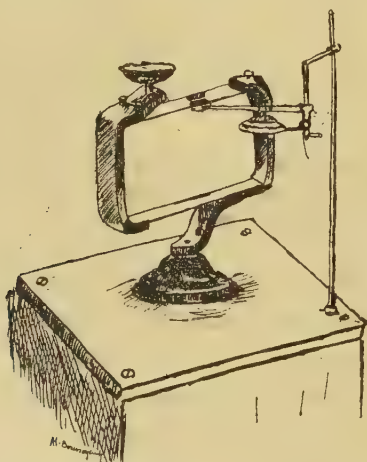


FIG. 10. — Typtographe de J.-P. Langlois.

3° Avec une bicyclette sur laquelle était adapté un

frein de Prony, indiquant le travail en kilogrammes effectué à chaque coup de pédale (1).

Un compteur kilométrique permettait aussi de mesurer le chemin parcouru ;

4° Avec un ventilateur à bras Monnet et Moyne, donnant avec 42 tours par minutes un débit de 250 litres d'air à la seconde, sous une pression de 55 millimètres avec une vitesse de 7 mètres.

Les observations ont été prises sur des sujets portant tous un vêtement identique (cotte bleue des mécaniciens ou travaillant le torse nu) et entre 2 et 6 heures du soir.

(1) *Calculs relatifs à la détermination du travail et de la puissance d'un homme, avec le frein de Prony adapté à une bicyclette.*

Soit P le poids lu au dynamomètre.

L = 0^m25 la longueur du bras de levier du frein.

N = le nombre de tours total de la poulie du frein pendant le temps de l'expérience.

Le rendement de l'appareil étant de $\frac{8}{10}$ — le travail sera donné par la formule :

$$T = \frac{P \times L \times 2 \times \pi \times N \times 40}{8} \text{ kilogrammètres.}$$

$$\text{La Puissance } P_t = \frac{P \times L \times \pi \times N \times 40}{t \times 30 \times 8} \text{ kilog. second.}$$

$$\text{ou } P_t = \frac{P \times L \times \pi \times N}{t \times 24}$$

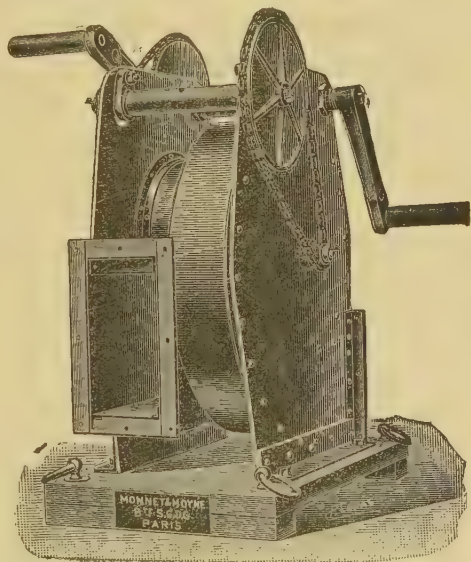


FIG. 11. — Ventilateur à bras. Pression jusqu'à 30^{mm}.

CHAPITRE IV

INFLUENCE DU MILIEU AMBIANT SUR LA RESPIRATION

. Wolpert, en 1902, a fait des expériences très intéressantes sur la ventilation et ses relations avec l'amplitude respiratoire. Nous citons ici presque in extenso son mémoire de 1902 (1).

De l'influence du vent sur l'amplitude de la respiration de l'homme.

« J'ai déjà parlé il y a quelques années de l'émission d'acide carbonique et de vapeur d'eau par l'homme.

A ce moment là, on avait surtout pu prouver, que pour des températures moyennes de l'air (environ 25°-30°), l'effet du vent se manifeste très peu par des variations dans la production d'acide carbonique et, en substance, cet effet du vent consiste en un changement (diminution sensible) de l'émission de vapeur par la peau ; on avait aussi pu prouver alors, que pour des températures plus basses de l'air (10°-20°-25°), sous l'influence du vent, cette production d'acide carbonique augmente beaucoup, en même temps qu'augmente l'émission de vapeur d'eau.

(1) Ueber den Einfluss des Windes auf die Atmungsgrösse des Menschen (*Archiv für Hygiene*), t. XLIII, p. 1).

On avait pu prouver aussi, que pour des températures très élevées (35° - 40°), l'émission de vapeur d'eau augmente beaucoup, et la production d'acide carbonique augmente encore, mais plus facilement.

D'après ces résultats, on peut considérer comme vraisemblable, que par les températures basses, sous l'influence du vent, l'amplitude de la respiration augmente aussi. Mais, cette amplitude est-elle influencée par le vent, lorsque la température de l'air est très élevée, et dans quel sens est-elle influencée ? La réponse restait douteuse. Parce que on ne doit nullement considérer de la même façon, dans l'air chaud et dans l'air froid, les changements de l'amplitude de respiration, par rapport aux changements de la production de carbone et d'eau, qui sont dûs à l'action du vent.

Aussi, peut-on imaginer des cas dans lesquels le vent pourrait influencer l'amplitude de la respiration sans pour cela changer la quantité absolue de la formation d'acide carbonique et l'émission de la vapeur d'eau. Dans ces circonstances là, des expériences sur l'influence du vent sur l'amplitude de respiration de l'homme, devaient être entreprises.

Dans les expériences on a gardé la vitesse de 8 mètres pour le vent, qui était produit par un ventilateur électrique.

La personne sur laquelle on expérimentait, un domestique de l'Institut, était de structure normale, assez fort, et pesait nu 61 kilog.

Tous les essais ont été faits sur la personne, assise.

Le temps d'essai était, en général, d'une demi-heure, parfois un peu plus ou un peu moins.

Les résultats des essais étaient toujours calculés pour une heure entière.

La mesure des quantités d'air expiré, et dans certains cas leur analyse ont été opérés par l'appareil de respiration de Zuntz.

La personne en expérience inspirait et expirait à travers des soupapes, et l'air expiré passait dans un gazomètre où son volume était mesuré.

Si le mécanisme de la respiration de la personne expérimentée, éprouvait un changement à cause de la résistance que prêtaient ces soupapes, qui étaient pourtant d'un fonctionnement très facile et soigné, ce changement ne serait pas à considérer dans le cas qui nous occupe, où les expériences sont parallèles et comparatives.

Les résultats de ces essais se trouvent à la fin dans le tableau général (1), ce tableau contient aussi les sensations subjectives, surtout celles de froid ou de chaleur, que manifestait la personne expérimentée.

Les essais N^{os} 94 se rapportent à l'influence du vent, sur l'amplitude de la respiration de l'homme habillé et de l'homme nu ; on a commencé par les températures élevées.

(Dans les essais de 1-7, les soupapes fonctionnaient mal à cause de la résistance. Dans les essais de 8-117, les soupapes marchaient bien). L'habillement de la personne expérimentée pesait environ 2,800 gr.

On a été conduit par ces essais, surtout essais 95-112,

(1) Les tableaux peuvent être facilement consultés dans le mémoire même de Wolpert.

à examiner les influences des airs sec et humide sur l'amplitude de la respiration, à l'état nu et à l'état habillé.

Enfin dans quelques essais on a analysé au point de vue de l'acide carbonique et de l'oxygène, l'air expiré, avec l'influence du vent, et sans cette influence.

Dans les essais 76-112, le tableau donne aussi des chiffres pour le nombre des respirations par minute, de façon qu'on puisse en calculer la profondeur.

La fréquence des respirations était en moyenne assez élevée, elle comportait 20-25 inspirations par minute dans les essais normaux.

Tandis que Vierordt avait sur lui-même compté seulement 12 aspirations par minute (1).

Zuntz, seulement 8-9, et Speck, même 6-7 par minute (2). Il est vrai que Hutchinson trouva, après 2000 dénombrements environ, sur des personnes qui ne s'en doutaient pas, la moyenne de 16-24 respirations par minute, rarement la fréquence tomba au-dessous de 16, et de même rarement elle dépassa 24.

Dans notre expérience aussi, la personne expérimentée ne savait pas qu'on lui comptait les respirations.

Les amplitudes de respirations sont aussi plus élevées de beaucoup dans mes expériences, que dans celles de Vierordt.

Ces amplitudes dans les essais normaux variaient en moyenne aux environs de 600 litres par heure et au-dessus. Ce qui pour Vierordt expérimentant sur lui-même, était déjà une limite supérieure.

(1) CARL VIERORDT, *Physiologie des Atmens*, Karlsruhe, 1845.

(2) Speck. *Untersuchungen über Sauerstoffverbrauch und Kohlendensäureatmung des Menschen*, Cassel, 1871.

Nous répétons qu'on ne doit pas tenir compte de ce que la personne expérimentée respire à travers les soupapes, non plus que du genre de personne employée, puisque ces essais sont comparatifs.

Le tableau ci-dessous, ordonné d'après les températures décroissantes, donne le résumé des moyennes des résultats du tableau général.

I. — Comparaison du vent avec l'accalmie.

A. ESSAIS AVEC HABILLEMENT

1. Habillé avec vent comparé à habillé sans vent :

N° 12 (1) et N° 13 habillé sans vent.

11 et 14 habillé avec vent.

Amplitude de respiration moyenne :

du N° 1 et 13 (39,1°) = 701,3 litres.

du 11 et 14 (38,7°) = 738,2 —

Par 40° environ les amplitudes de respiration relatives sont :

100 habillé sans vent.

105 — avec vent.

Avec vent, dans ce cas, l'accablement par sueur était à peine moindre que sans vent.

2 N° 9 et 33. Habillé sans vent.

8, 10 et 34. — avec vent.

Amplitude moyenne de respiration :

du N° 9 et 33 (35,5°) = 716,3 litres.

du 8, 10, 34 (35,9°) = 761,6 —

Par 36° environ les amplitudes relatives de la respiration sont :

100 habillé sans vent.

106 — avec vent.

Avec vent, beaucoup moins de sueur que sans vent.

3. N° 22. Habillé sans vent.

23. — avec vent.

Amplitude de respiration :

du N° 22 (30,3°) = 612,9 litres.

du 23 (30,4°) = 674,4 —

Par 30° environ les amplitudes de respiration relatives sont :

100 habillé sans vent.

110 — avec vent.

Avec vent pas de sueur, sans vent non plus, mais le vent était plus agréable.

4. N° 26 et 28. Habillé sans vent.

27 et 29. — avec vent.

Amplitude moyenne :

du N° 26 et 28 (24,1°) = 691,5 litres,

du 27 et 29 (24,1°) = 648,5 —

Par 24° les amplitudes relatives sont :

100 habillé sans vent.

99 — avec vent.

Vent et accalmie supportés sans grande différence. Avec vent il faisait peut-être un peu plus frais, mais on n'arriva pas à la sensation de chair de poule et sans vent la sensation était quand même un peu plus agréable.

5. N° 24 et 30. Habillé sans vent.

25 et 31. — avec vent.

Amplitude moyenne :

du N° 24 et 30 (22,3°) = 649,4 litres.

du 25 et 31 (22,3°) = 736,2 —

Par 22° environ les amplitudes relatives sont :

100 habillé sans vent.

113 — avec vent.

Sans vent on ressentait une chaleur agréable, avec vent on avait au contraire froid, il y a eu chair de poule.

(1) Numéros d'ordre du tableau général.

6. Nos 48, 54, 56, 68, 70, 103, 104. Habillé sans vent.
49, 57, 58, 71, 73, 104, 113. — avec vent.

Amplitudes moyennes :

de la 1^{re} série (20,0°) = 691,5 litres.

de la 2^e série (20,0°) = 764,1 —

Par 20° les amplitudes relatives sont :

100 habillé sans vent.

111 — avec vent.

Sans vent la chaleur était agréable, avec vent il y a eu souvent chair de poule.

7. Nos 60, 62, 63, 76, 78, 84, 86, 107, 180. Habillé sans vent.
65, 66, 79, 80, 81, 82, 88, 109, 112. — avec vent.

Amplitudes moyennes :

de la 1^{re} série (15,5°) = 732,5 litres.

de la 2^e série (15,7°) = 959,2 —

Par 15° environ les amplitudes relatives sont :

100 habillé sans vent.

131 — avec vent.

Sans vent aucune sensation de froid remarquable ; avec vent au contraire, gelée (chair de poule, tremblement, agitation).

B. ESSAIS SANS HABILLEMENT

« Nu avec vent » comparé à « nu sans vent ».

8. N° 37 et 39. Nu sans vent.

38 et 40. Nu avec vent.

Amplitude moyenne :

du N° 37 et 39 (39,8°) = 687,0 litres.

du 38 et 40 (40,0°) = 835,8 —

Par 40° les amplitudes relatives sont :

100 nu sans vent.

122 nu avec vent.

Le vent était plus agréable que l'accalmie. Sans vent beaucoup plus de sueur qu'avec vent.

9. N° 31a et 35. Nu sans vent.

32 et 36. Nu avec vent.

Amplitude moyenne :

du N° 31a et 35 (35,2°) = 661,5 litres.

du 32 et 36 (36,0°) = 734,4 —

Par 35° environ les amplitudes relatives sont :

100 nu sans vent.

111 nu avec vent.

Vent plus agréable qu'accalmie Sans vent un peu de sueur avec vent pas de sueur.

10. N° 41 et 43. Nu sans vent.

42 et 44. Nu avec vent.

Amplitude moyenne :

du N° 41 et 43 (30,0°) = 704,0 litres.

du 42 et 44 (30,7°) = 731,4 —

Par environ 30° les amplitudes relatives sont :

100 nu sans vent.

104 nu avec vent.

Sans vent on avait bien un peu chaud mais il n'y a pas eu de sueur. Dans tous les cas il n'y a pas eu grande différence de sensation avec ou sans vent

11. N° 67 et 69. Nu sans vent.

72 et 74. Nu avec vent.

Amplitude moyenne :

du N° 67 et 69 (19,8°) = 595,2 litres.

du 72 et 74 (19,9°) = 894,0 —

Par 20° environ les amplitudes relatives sont :

100 nu sans vent.

150 nu avec vent.

L'accalmie est ici beaucoup plus agréable que le vent. Avec vent on avait très froid (tremblement, agitation), la peau se cyanosa. Sans vent on n'avait pas très froid.

II. — Comparaison habillé et nu

A. ESSAIS SANS VENTILATION

« Nu sans vent » comparé à « habillé sans vent ».

12. N° 46 et 48. Habillé sans vent.

45 et 47. Nu sans vent.

Amplitude moyenne :

du N° 46 et 48 ($39,5^{\circ}$) = 692,3 litres.

du 45 et 47 ($39,5^{\circ}$) = 692,6 —

Par 33° environ les amplitudes relatives sont :

100 habillé sans vent.

100 nu sans vent.

Très peu de sueur remarquée tant pour habillé que pour nu.

13. N° 50 et 52. Habillé sans vent.

49 et 51. Nu sans vent.

Amplitude moyenne :

du N° 50 et 52 ($25,5^{\circ}$) = 881,8 litres.

du 49 et 51 ($25,5^{\circ}$) = 677,3 —

Par 25° environ les amplitudes relatives sont :

100 habillé sans vent.

99 nu sans vent.

Pas de sensation de froid tant habillé que nu.

14 54, 56, 68, 70 habillé sans vent.

53, 55, 67, 69 nu —

Amplitudes :

54 ($20,1^{\circ}$) = 626,7 litres.

53 ($20,0^{\circ}$) = 614,7 —

Par 20° environ, amplitudes relatives :

100 habillé sans vent.

98 nu —

Habillé, pas de sensation de froid ; nu, un peu frais mais pas gelé, pas de chair de poule.

15. 60, 62, 63, 76, 78, 84, 86, 107, 110 habillé sans vent.

59, 61, 64, 75, 77, 83, 85, 108, 111 nu —

Amplitudes moyennes : 60,62 ($15,5^{\circ}$) 732,5 litres.

59,61 ($15,5^{\circ}$) 796,3 —

Par 15° environ les amplitudes relatives sont :

100 habillé sans vent.

109 nu —

Habillé, pas de sensation de froid. Nu, un peu gelé, aussi un peu de chair de poule.

16. 89, 91, 93 habillé sans vent.

90, 94 nu —

Amplitudes moyennes :

89 ($12,4^{\circ}$) = 910,1 litres.

90 ($12,2^{\circ}$) = 1146,5 —

Par 12° environ les amplitudes relatives sont :

100 habillé sans vent.

126 nu —

Habillé, pas ou très peu de sensation de froid. Nu, très froid (tremblement, agitation).

B) ESSAIS AVEC VENTILATION

17. 34 Habillé avec vent.

32, 36 Nu —

Amplitudes :

34 ($35,6^{\circ}$) = 725,4 litres.

32, 36 ($36,0^{\circ}$) = 734,4 —

Par 35° environ, amplitudes relatives :

100 habillé avec vent.

101 nu —

Nu, pas de sueur, habillé non plus, comme sensation, partout pas trop chaud.

18. 71, 73 habillé avec vent.

72 —

Amplitudes :

71, 73 ($19,8^{\circ}$) = 674,9 litres.

72 ($20,5^{\circ}$) = 759,0 —

Par 20° environ, amplitudes relatives :

100 habillé avec vent.

112 nu —

Nu, avait très froid (tremblement, agitation); habillé, un peu froid, pourtant il y a eu chair de poule.

C) « NU SANS VENT, COMPARÉ » « HABILLÉ AVEC VENT »

19. 34 habillé avec vent.

35 nu —

Amplitudes :

34 (35,6°) 725,4 litres.

35 (36,3°) 639,0 —

Par 35° environ, amplitudes relatives :

100 habillé avec vent.

88 nu sans vent.

Nu sans vent plus de sueur qu'habillé avec vent.

20. 57, 58, 71, 73 habillé avec vent.

53, 55, 67, 69 nu sans vent.

Amplitudes moyennes :

57, 58 (20,0°) = 687,2 litres.

53, 55 (20,6°) = 619,9 —

Par 20° environ, amplitudes relatives :

100 habillé avec vent.

92 nu sans vent.

Nu sans vent, le froid était moins sensible qu'habillé avec vent.

21. 65, 66, 79 habillé avec vent.

59, 61, 69 nu sans vent.

Amplitudes moyennes :

65, 66 (15,7°) = 959,2 litres.

59, 61 (15,0°) = 866,3 —

Par 15° environ, amplitudes relatives :

100 habillé avec vent.

90 nu sans vent.

Nu sans vent, un peu froid (pourtant, chair de poule) habillé avec vent, grand froid (tremblement, agitation).

D NU AVEC VENT COMPARÉ A HABILLÉ SANS VENT

22. 115, 116 habillé sans vent.

117 nu avec vent.

Amplitudes :

115, 116 (15,2°) = 827,1 litres.

117 (16,2°) = 1009,5 —

Par 15° environ, amplitudes relatives :

100 habillé sans vent :

122 nu avec vent.

Habillé, pas de sensation de froid. Nu fortement gelé (tremblement, agitation).

III. — Comparaison de l'air humide et de l'air sec.

A). ESSAIS SANS VENTILATION

23. 103 à l'air sec.

105 à l'air humide.

Habillé sans vent 20°6 et 24 %.

— — 19,2° et 68 %.

Amplitudes :

103 (24 % humidité) 764,4 litres.

105 (68 % —) 904,8 —

Par 20° environ les amplitudes relatives :

100 habillé sans vent à l'air sec.

118 — — à l'air humide.

Pas de différence dans la sensation de chaleur à l'air sec et à l'air humide. A l'air humide, la fréquence de respiration était plus élevée (soit 28 au lieu de 23-25).

24. 108 nu sans vent à l'air sec 15°9 et 34 %.

111 — — humide 16°3 et 79 %.

Amplitudes :

108, 34 % humide 859,5 litres.

111, 79 % — 987,0 —

Par environ 15° les amplitudes relatives sont :

100 nu sans vent, à l'air sec.

115 — — humide.

A l'air humide sensation de froid plus grande.

Fréquence de respiration plus basse à l'air humide :
16-20 au lieu de 22-26).

B. ESSAIS AVEC VENTILATION

25. 104 habillé avec vent, à l'air sec 20,1°, 26 %.

106 — — — humide 20,5°, 70 %.

Amplitudes :

104, 26 % humidité 854,4 litres.

106, 70 % — 897,6 —

Par 20° environ, les amplitudes relatives sont :

100 habillé avec vent, à l'air sec.

105 — — — humide.

A l'air sec sensation de froid plus grande. A l'air humide la fréquence de la respiration plus élevée (29 contre 25-27).

26. 109 habillé avec vent, à l'air sec 15,6, 34 %.

112 — — — humide 16,4°, 82 %.

Amplitudes :

109, 34 % sec, 861,9 litres.

112, 82 % humide 1038,6 litres.

Par 15° environ, amplitudes relatives.

100 habillé avec vent à l'air sec.

120 — — — humide.

A l'air humide sensation de froid plus grande, fréquence de la respiration plus grande à l'air humide (24-25 au lieu de 22).

27. 95, 96 nu avec vent, à l'air sec 25,2°, 32 %.

97, 98 — — — humide 24,7°, 76 %.

Amplitudes :

95, 96, 32 % humide 975,9 litres.

97, 98, 76 % — 1049,9 —

Par 25° environ, amplitudes relatives :

100 nu avec vent, à l'air sec.

108 — — — à l'air humide.

A l'air humide peut-être sensation de froid plus grande. Fréquence de la respiration plus basse, à l'air humide (19-25 contre 21-28).

28. 99, 100 nu avec vent, à l'air sec (20,3°) 34 ‰.

101, 102 — — humide (20,6°) 84 ‰.

Amplitudes :

99, 100, 34 ‰ humide 1011,2 litres.

101, 102, 84 ‰ — 1077,6 —

Par 20° environ, amplitudes relatives :

100 nu avec vent, à l'air sec.

109 — à l'air humide.

A l'air humide, sensation de froid plus grande. Fréquence de la respiration plus basse à l'air humide (13-19 contre 22-26).

En résumé on conclut de tout ce qui précède, ce qui suit :

1° supposant pour le sujet « habillé sans vent » l'amplitude = 100 on déduit l'amplitude pour homme « habillé avec vent » soit :

1. A 40° 105 avec vent à peine moins de sueur que sans vent.

2. » 35° 106 — bien moins — —

3. » 30° 110 — ou sans vent pas de sueur. Plus agréable avec vent.

4. » 24° 99 sans différence, pas trop froid.

5. » 22° 113 sans vent plus agréable, avec vent froid (chair de poule).

6. » 20° 111 sans vent plus agréable, avec vent froid (chair de poule).

7. » 15° 131 avec vent très froid (tremblement, agitation), sans vent, pas trop froid.

2° Supposant pour sujet « un sans vent » l'amplitude = 100 on trouve pour amplitude de nu avec vent :

8. A 40° 122 avec vent bien moins de sueur que sans vent.

9. » 35° 111 — pas de sueur, sans vent un peu.

10. » 30° 104 sans différence pas trop chaud.

11. » 20° 150 avec vent très froid (tremblements, agitation) sans vent pas trop froid, tout au plus un peu frais.

3° Supposant l'amplitude de sujet « habillé sans vent » = 100, on trouve pour l'amplitude de sujet « un sous vent ».

12. A 35° 100 habillé et un peu de sueur.

13. » 25° 99 sans différence, pas trop froid.

14. » 20° 98 nu, un peu frais (pas de chair de poule).

15. » 15° 109 nu, froid, chair de poule.

16. » 12° 126 nu, très froid (tremblement, agitation), habillé pas trop froid.

4° Supposant sujet « habillé avec vent » l'amplitude = 100 pour le sujet « avec vent » on a :

17. A 35° 101 sans différence, pas trop chaud.

18. » 20° 112 nu très froid (tremblement, agitation) habillé un peu froid (chair de poule).

5° Supposant le sujet « habillé avec vent » l'amplitude = 100 on a pour « un sans vent » :

19. A 25° 88 nu sans vent plus de sueur qu'habillé avec vent.

20. » 20° 92 — moins froid — —

21. » 15° 90 habillé avec vent très froid (tremblement, agitation) nu sans vent moins froid (tout au plus chair de poule).

6° Supposant qu'un sujet « habillé sans vent » l'amplitude = 100 on a pour « nu avec vent » :

22. A 15° 122 nu avec vent très froid (tremblements, agitation) habillé sans vent pas trop froid.

De cette revue il résulte principalement que l'amplitude de la respiration sous l'action du vent, tantôt (le plus souvent) n'est point influencée, et tantôt l'est, mais dans ce dernier cas, elle n'est jamais abaissée, au contraire toujours augmentée. On ne pouvait pas prévoir *a priori* ce résultat ; ordinairement, en présence d'un vent fort et soufflant contre nous, nous avons la sensation qu'« on nous coupe la respiration. »

Ensuite, si on considère l'effet du vent sur l'homme nu (comme ci-dessus 8-11), on remarque plus nettement que sur l'homme habillé, certains écarts de l'état normal (accalmie) qui forment loi. C'est-à-dire on remarque :

2° Le vent n'a pas d'influence sur l'amplitude de la

respiration dans les cas où il n'a pas d'influence sur la sensation de chaud et de froid.

Ainsi, pour un sujet nu par 30°, les amplitudes de la respiration étaient à peine différentes dans le vent et dans l'accalmie et quelques degrés plus bas, on peut trouver les amplitudes égales, dans les 2 cas ;

2° Le vent augmente l'amplitude de la respiration s'il influe sur la sensation de chaud et froid. L'amplitude de la respiration est augmentée par le vent surtout dans les températures très hautes et très basses. Par exemple, à 35° (nu), le courant d'air était plus agréable à sentir que l'accalmie ; dans l'accalmie il y a eu sueur, dans le courant d'air, non.

Les amplitudes de la respiration dans le vent et l'accalmie, étaient entre elles comme 100 : 111.

De même, à 40° nu, le vent se montra beaucoup plus agréable que l'accalmie par laquelle la sueur était beaucoup plus abondante que pendant le vent.

Les amplitudes de la respiration étaient alors comme 100 : 122.

Par contre, à 20° (nu), l'accalmie était évidemment plus agréable que le vent ; dans le vent on avait très froid, des contractions des muscles et des convulsions involontaires telles que tremblement et agitation se manifestèrent, tandis que dans l'accalmie on n'avait pas une forte sensation de froid, tout au plus un peu frais. Les amplitudes de la respiration dans le vent et l'accalmie étaient comme 100 : 150.

En principe, une considération des essais sur l'homme habillé conduit au même résultat.

A 23° on ne relevait pas de différence dans la sensa-

tion de chaud, tant dans le vent que dans l'accalmie, aussi pas de différence marquée dans l'amplitude de respiration.

A 30-40° le vent a été supporté plus aisément que l'accalmie; les amplitudes de la respiration dans le vent et l'accalmie étaient entre elles comme 100:110, pour le maximum à 30°. Il en est presque de même, lorsque la température baisse à 20°, ce qui procure des symptômes légers du froid (chair de poule) cependant seulement dans le vent.

A 15° on avait dans le vent, très froid, la personne expérimentée tremblait tandis que à la même température dans l'accalmie on n'avait pas très froid. Les amplitudes de respiration étaient entre elles pour les 2 cas comme 100:132.

De même en général, on doit attendre une augmentation de l'amplitude de la respiration, sitôt qu'à la suite des causes physiques quelconques, des contractions continues des membres se présentent.

Les amplitudes de la respiration du sujet nu et du sujet habillé dans l'accalmie étaient entre elles à 15° comme 100:109. Le sujet habillé à 15°, comme nous venons de le dire, n'avait pas très froid, mais le sujet nu avait cette « chair de poule » qu'on appelle contraction spasmodique des muscles horripilateurs sur une grande étendue de la peau.

Et à 12° le sujet habillé n'avait toujours pas la chair de poule, tandis que le sujet nu manifestait par des contractions des grands muscles des bras et jambes ainsi que des muscles de la mâchoire une forte sensation de froid, le rapport monta à 100:126. Mais l'amplitude de

la respiration pour le sujet habillé et le sujet nu étaient tout à fait égales (à peu près 100-100) à 20° et au-dessus (tant que d'après les conditions des essais il n'y avait pas de surchauffage à craindre (?))

Par plusieurs moyens d'essai il est démontré qu'il y a plus d'effets à attendre du côté du sujet nu dans l'accalmie que du sujet habillé dans le vent.

Le besoin respiratoire du sujet nu sans vent était en chiffres ronds 10 % inférieurs au besoin d'air du sujet habillé.

Les amplitudes de la respiration du sujet habillé avec vent et du sujet nu sans vent étaient :

à 35° comme 88 : 100 le sujet nu suait plus.

à 20° — 92 : 100 le sujet nu avait moins froid.

à 15° — 90 : 100 le sujet nu avait beaucoup moins froid.

Le séjour dans le vent déterminait chez le sujet nu une respiration augmentée sur une plus grande échelle, que chez le sujet habillé.

Les amplitudes de la respiration chez le sujet « habillé dans le vent » et le sujet « nu dans le vent » étaient à 20° comme 100 : 112. Le sujet nu tremblait et s'agitait ayant froid, tandis que le sujet habillé n'avait que la chair de poule.

A 15° naturellement, le sujet nu dans le vent avait plus froid qu'à 25°. Comme on a comparé à cela la conduite du sujet habillé dans l'accalmie (voir ci-dessus 22) l'amplitude de respiration du sujet nu augmenta jusqu'au rapport 100 : 122 ou en valeur absolue 827,4 à 1009,5. On a obtenu alors les résultats suivants pour l'air expiré :

Le sujet nu fournissait, dans le vent, 57,3 gr. CO^2 par heure, il recevait 51,9 gr. d'oxygène, le quotient respiratoire était 0,81. Le sujet habillé dans l'accalmie, fournissait seulement, 31,6 gr. CO^2 par heure, recevait seulement, 26,6 gr. d'oxygène et son quotient respiratoire était 0,86. Donc en enlevant les vêtements et faisant agir le vent, la production de CO^2 augmenta de 100 à 181 l'absorption d'oxygène de 100 à 195 et le quotient respiratoire devint de 0,86 à 0.81.

Il est depuis longtemps connu par les essais de Vierordt, Becher, etc., qu'un échange d'air moindre détermine une baisse de la valeur absolue, de la production de CO^2 . Quant à ce qui concerne l'effet du vent sur la production de CO^2 chez le sujet habillé (qui doit être moindre), cette question peut être considérée comme résolue par mes essais précédents.

D'après cela, par exemple, à 15° - 20° , à cause du vent, il y a eu une surproduction de 20 % de CO^2 . Mais j'ai profité de l'occasion pour entreprendre une revision d'après la méthode de Zuntz, d'autant plus que je devais constater avec sûreté la consommation d'O par la même occasion.

L'expérience 113 (habillé avec vent) donnait à 18° une amplitude de respiration de 1070,1.

L'expérience 114 (habillé sans vent) donnait pour amplitude 943,8. Donc l'amplitude par le vent augmenta au rapport 100 : 113.

La formation de CO^2 sans vent, était 36,9 gr. heure, avec vent 44,0 gr. heure. La consommation d'O sans vent 31,0 gr. heure, avec vent 37,4 gr. heure. Donc avec le vent la production de CO^2 augmenta jusqu'au

rapport 100 : 119,2 et la consommation d'O presque autant, soit 100 : 120,6. A la suite de cette augmentation parallèle le quotient respiratoire changea très peu par le vent, soit de 0,87 à 0,86 avec vent.

Cette nouvelle preuve d'une augmentation de 20 % dans la production de CO^2 sous l'influence d'un vent de 8 mètres par seconde, concorde complètement avec les résultats que j'ai obtenus dans mes précédents essais sur la respiration lorsque j'opérais avec l'appareil de Pettenkofer.

On voit par ces expériences que dans les cas où sous l'influence du vent, une augmentation de l'amplitude de respiration doit être attribuée à une augmentation de la sensation du froid, qui est accompagnée de contractions musculaires, même si ces contractions sont peu intenses, il ne s'agit point d'une simple augmentation de la ventilation des poumons, mais aussi d'une accélération des échanges.

Mais nous avons vu ci-dessus que l'amplitude de la respiration augmente aussi sous l'influence du vent par des températures plus élevées.

Et on peut se demander comment cette augmentation dans ce cas s'expliquerait.

Il ne peut pas y avoir doute, que dans les températures élevées considérées ici sous l'influence du vent, il ne se présente aucune surproduction de CO^2 .

Aussi, la consommation en O augmente à peine. A 25°-30° et même à 30°-35°, la personne expérimentée appelée Bretschin, avait même produit moins de CO_2 dans le vent, et ce n'est qu'à 40° qu'une petite augmentation dans la production de CO^2 se manifesta.

Mais déjà à 30° habillé, ce qui correspond 35° nu, dans ces essais l'amplitude de respiration, avec le vent, se montra bien augmentée (100 : 110 ou 100 : 111).

Sûrement dans ce cas, des températures élevées où l'influence du vent augmenta l'amplitude de la respiration, il n'y a rien de plus qu'une augmentation physiologique de la ventilation des poumons sans autre signification.

La cause serait un acte réflexe (reflex), qui a été provoqué par le refroidissement de la peau.

On peut toujours concevoir cette augmentation d'échange d'air au point de vue de la physiologie de la chaleur, comme une sorte d'action auxiliaire du corps, qui, principalement, par l'augmentatien de l'évaporation par respiration, aide au refroidissement là où un surchauffement est à craindre.

D'après mes expériences, il a été établi comme incontestable que l'amplitude de la respiration dans l'air humide est toujours supérieure à l'amplitude dans l'air sec et dans certains cas, même de beaucoup.

Pourtant on n'a obtenu des grandes différences que par des variations de l'humidité de l'air très considérables.

Au milieu de toutes ces expériences, on a obtenu une augmentation de l'amplitude de respiration de 1 % en augmentant artificiellement l'humidité de l'air d'environ 50 % (de 30 % à 80 %).

Mais comme les essais entrepris pour établir la comparaison de l'amplitude de la respiration dans le vent et dans l'accalmie ne différaient guère entre eux de plus de 5 % d'humidité relative (certains même bien moins), l'erreur à cause de cela était extrêmement petite ; elle était au plus de 1 % de l'amplitude de la respiration et

n'entrait par conséquent pas en ligne de compte dans les résultats obtenus.

Incidemment, remarquons que la fréquence de la respiration du sujet nu, en apparence normale, malgré une grande augmentation de l'amplitude de respiration, dans l'air humide, était même inférieure qu'à l'air sec. Dans ces circonstances-là, l'amplitude de chaque inspiration ou expiration doit augmenter considérablement, justement à cause du ralentissement de la respiration. Dans cet ordre d'essais sont aussi intéressantes les impressions ressenties par la personne en expérience.

A 20° dans l'accalmie, le sujet habillé ne présentait pas de différence à l'air humide ou sec.

Dans le vent à 20°, l'air sec lui parût plus froid que l'air humide. A 15° dans l'accalmie, au contraire, l'air humide lui parût plus froid que l'air sec. En même temps les amplitudes de la respiration étaient plus grandes à l'air humide qu'à l'air sec (100 : 118, 100 : 105, 100 : 120).

A nu, le sujet déclarait, au contraire, l'air humide toujours plus froid tant à 15° sans vent (ampl. 100 : 115) qu'à 25° avec vent (ampl. : 100 : 108) et à 20° avec vent (amplit. : 100 : 107).

D'après toutes ces expériences on peut résumer comme suit l'état actuel de nos connaissances de l'influence sur l'organisme humain, du vent :

1. Lorsque l'effet du vent se manifeste par des symptômes de froid, si petits soient-ils (chair de poule, etc.), l'amplitude de la respiration, la production de Co^2 , la consommation d'O ainsi que l'émission de vapeur d'eau par la respiration, sont bien supérieures que dans l'accalmie.

2. Dans les conditions moyennes où l'on considère sans différence les effets du vent ou de l'accalmie sur la sensation du chaud, l'amplitude de respiration et la production de CO^2 ne sont pas influencées par le vent, mais l'émission de vapeur d'eau diminue dans le vent considérablement.

3. Dans les cas (températures élevées au-dessus de 30°) où le vent produit une sensation agréable, l'amplitude de la respiration augmente sous l'action du vent, la production de CO^2 diminue un peu et l'émission de vapeur d'eau diminue beaucoup.

4. Par des températures extrêmement élevées (air plus chaud que le corps) les amplitudes de la respiration ainsi que la production de CO^2 sont plus grandes dans le vent que dans l'accalmie et l'émission de vapeur d'eau considérablement plus grande dans le vent que dans l'accalmie.

Recherches originales

Nous avons nous-mêmes étudié l'influence de la vitesse d'air sur le rythme respiratoire et la ventilation pulmonaire.

Les sujets travaillaient sur la bicyclette avec une résistance moyenne de 4 kilos mesurée au frein.

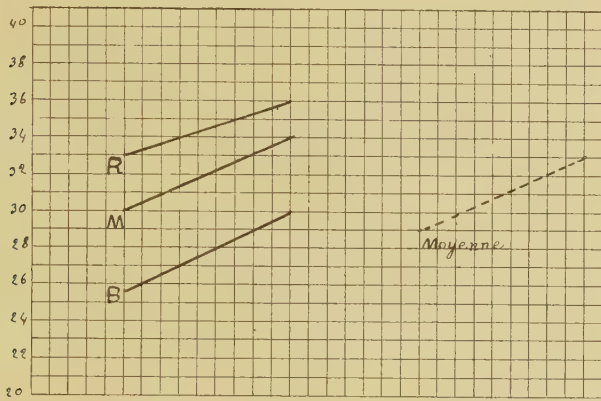
La ventilation pulmonaire et le rythme étaient enregistrés grâce au spiromètre et le jeu des registres ou l'arrêt momentané du ventilateur pouvait faire varier la vitesse de l'air de 0 à 5 mètres. Les moyennes sont prises dans 51 expériences. Ces résultats figurent dans les tableaux insérés à la fin de ce travail.

3 sujets B..., M... et R... ont été successivement en expériences et les résultats sont les suivants :

Rythme respiratoire :

	Vitesse de l'air = 0	Vitesse de l'air = 4 ^m 50
B	25,5	30
M	30	34
R	33	36
Moyennes	29	33

On voit que la vitesse de l'air augmente le rythme respiratoire dans une proportion relativement faible.

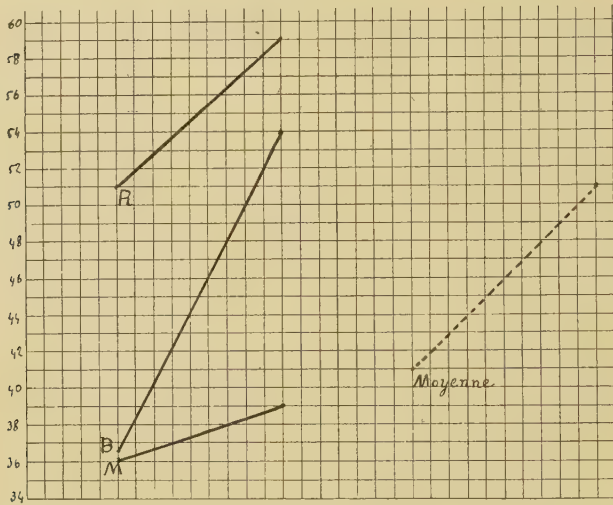


GRAPHIQUE I. — Influence de la vitesse de l'air sur le rythme respiratoire pendant le travail. — Les chiffres indiquent le nombre de respirations par minute. Le début de chaque trait répond au rythme par accalmies ; la fin, au rythme avec vitesse de 4 mètres.

Ventilation pulmonaire :

	Vitesse de l'air = 0	Vitesse de l'air = 4 ^m 50
B	36,5	54
M	36	39
R	31	59
Moyennes	41	5

On voit que la vitesse de l'air *augmente notablement* la ventilation pulmonaire.



GRAPHIQUE II. — *Influence de la vitesse de l'air sur la ventilation pulmonaire.* — Les chiffres pendant le travail indiquent le nombre de litres par minutes. Le début de chaque trait répond à la ventilation pendant l'accalmie la fin, à la ventilation avec vitesse de 4 mètres.

CHAPITRE V

INFLUENCE DE LA VITESSE, DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE DE L'AIR SUR L'ÉMISSION DE VAPEUR D'EAU.

Le travail du D^r Rübner sur cette question, toujours cité, mais trop souvent peu connu dans son intégrité, nous avons cru devoir le traduire presque in extenso.

Rubner a étudié la question des rapports de l'humidité atmosphérique et l'émission de vapeur d'eau par l'organisme. Il a été traité d'abord des conditions d'émission de vapeur d'eau et de sa quantité. Cette question est divisée en :

1^o Recherches sur l'influence directe de l'atmosphère sur l'émission de vapeur d'eau considéré comme phénomène passif ;

2^o Recherches sur l'émission de vapeur d'eau par l'organisme vivant et actif, malgré des empêchements et sur ses moyens de surmonter ces empêchements.

EXPOSITION DES PROCÉDÉS. — L'émission de vapeur d'eau peut être recherchée dans des conditions très différentes, suivant, d'une part, les changements de l'humidité relative et de la température, et d'autre part, suivant

l'état de l'animal lui-même au point de vue des poils et de la nutrition.

La majorité de ses expériences portent sur des cobayes et des chiens.

Le cobaye est mis dans une cloche en verre de 3,900 cc. Cette cloche repose sur un plateau en verre qu'on a la précaution de huiler. Deux tubes sont appliqués à la cloche : l'un amène l'air frais, l'autre emporte l'air déjà respiré dans un grand compteur à gaz. On verse dans la cloche un peu d'huile de colza qui protégera de l'évaporation en les recouvrant, l'urine et les matières fécales.

La cloche plonge dans un récipient contenant de l'eau qu'on peut porter à la température voulue. Cette chaleur est parfaitement uniforme et elle est maintenue par deux appareils.

La ventilation de la cloche est assurée par l'appareil de Münke. Du tube, l'air passe par des flacons à absorption remplis de pierre ponce et de $\text{So}^4 \text{H}^2$ et puis dans un tube à baryte pour se rendre dans des petits compteurs à gaz. La pression négative dans le système des tubes mesurée dans les compteurs est de 9 à 9,8 cm d'eau. L'air qui entre dans l'appareil est préalablement séché dans bien des cas. Il est toujours de même température que l'eau du récipient.

L'opinion qui considère l'évaluation de la vapeur d'eau à l'aide de cet appareil comme incertaine est fausse. En évitant les causes d'erreur par inégalité du chauffage ou par installation incorrecte des tubes de dérivation, on aura des résultats absolument sûrs.

Dans ces expériences, il faut tenir compte du pouvoir hygroscopique des poils et des vêtements.

Mes expériences se divisent en deux séries :

1° A température égale, quelle est l'action de l'humidité sur l'émission de vapeur d'eau ;

2° A humidité égale, quelle est l'action de la température.

Mais ces conditions physiques agissent différemment suivant l'état de l'animal. Pour cette raison, les expériences portaient sur des animaux soumis au jeûne ou à une alimentation plus ou moins abondante.

OSCILLATIONS DE L'HUMIDITÉ DE L'AIR A TEMPÉRATURE CONSTANTE ET SON ACTION SUR L'ÉMISSION DE VAPEUR D'EAU.

— Dans ces expériences, l'air de la ventilation était préalablement séché ou chargé de vapeur d'eau. Dans le premier cas, on rencontre des difficultés pratiques qui résultent de la grande masse d'eau à sécher, dans la deuxième, il faut savoir éviter la condensation de vapeur d'eau dans l'appareil.

La ventilation renouvelle l'air dans les petits appareils environ 70 fois par heure et dans les grands appareils 17 fois par heure.

SÉRIE I

Chien nourri avec 40 grammes de lard et de l'eau. Il subit pendant deux jours l'action de l'air sec, deux autres jours l'air humide et de nouveau l'air sec pendant un jour.

TABLEAU I

N ^o	T ^o	VENTILATION EN CBM.	APPORT D'EAU EN GR. PAR CBM.	VAPEUR D'EAU EN GR. DE L'AIR A SATURATION	SÉCHERESSE RELATIVE	EMISSION D'EAU EN 24 HEURES	POIDS DU CORPS EN KGM.	VAPEUR D'EAU PAR KG.
1	20.2	26.4	5.613	17.4	67.7	84.944		18.0
2	20.2	27.8	5.748	17.4	67.3	88.270		18.7
3	20.2	30.3	8.338	17.4	52.3	67.395	4.7	14.3
4	20.2	29.5	9.853	17.4	43.6	40.573		8.6
5	20.2	28.3	5.018	17.4	71.2	92.708		19.7

On voit que les oscillations de l'humidité relative ont une action très nette sur l'émission de vapeur d'eau par l'animal. Il a produit 282 calories ; les 40 grammes de lard représentent 360 calories.

SÉRIE II

L'animal ne reçoit aucune nourriture, mais on lui donne de l'eau.

TABLEAU II

N ^o	T ^o	VENTILATION EN CBM.	APPORT D'EAU EN GR. PAR CBM.	VAPEUR D'EAU dans l'air à satu- ration en gr.	SÉCHERESSE RELATIVE	EMISSION DE VAPEUR D'EAU EN 24 HEURES	POIDS DU CORPS EN KGM.	VAPEUR D'EAU PAR KGM.
1		32.6	5.241		70.9	74.450	4.61	16.1
2		36.5	11.541		28.1	28.291	4.53	6.2
3	20.2	31.2	5.738	17.4	67.2	89.887	4.47	20.1
4		31.2	11.350		25.	11.100	4.40	2.5
5		27.4	5.474		68.4	55.034	4.35	12.6

On voit que l'animal à jeun réagit également aux variations de l'humidité atmosphérique.

SÉRIE III

Expérience à température basse. L'animal reçoit 30 grammes de viande et 30 grammes de lard, ce qui représente 350 calories.

TABLEAU III

N°	T°	VENTILATION EN CBM.	APPORT D'EAU EN GR. PAR CBM.	VAPEUR D'EAU dans l'air à satu- ration en gr.	SÉCHERESSE RELATIVE	ÉMISSION DE VAPEUR EN 24 H.
1	11.5	25.5	8.546	10.2	16.6	31.527
2	10.3	21.3	4.387	9.6	54.2	76.029
3	10.7	23.7	8.696	9.8	11.2	28.595
4	10.7	20.5	4.700	9.8	52.	74.087

Les variations de l'émission de vapeur d'eau sont importantes. L'animal paraît bien à son aise.

SÉRIE IV

T° de 20,2°. Chien nourri avec 80 grammes de viande et 30 grammes de graisse pendant 15 jours.

TABLEAU IV

VENTILATION EN CBM.	APPORT D'EAU EN GR.	VAPEUR D'EAU EN GR. DANS L'AIR A SATURATION	ÉMISSION DE VAPEUR EN GR. PAR 24 H.
28.9	6.53	17.4	105.0
28.8	7.74		101.1
27.6	8.48		89.3
24.9	6.36		119.0
23.2	5.85		95.2

L'influence de l'humidité sur l'émission de vapeur est nette.

TABEAU 5

GRUPE	APPORT EN GR.	L'AIR CONTIENT A SATURATION	HUMIDITÉ RELATIVE	SÉCHERESSE RELATIVE	ÉMISSION DE VAPEUR D'EAU
1	5.98	17.4	34	66	105.6
2	7.56		43	57	98.7
3	8.47		49	51	88.5

Une différence de sécheresse de 66 % à 51 % a abaissé l'émission de vapeur de 106 grammes à 88,5. Nos expériences nous donnent le droit de conclure que tout changement de l'humidité ou de sécheresse produit une variation de l'émission de vapeur d'eau.

Il faut savoir quels sont les rapports qualificatifs entre le changement de l'émission de vapeur d'eau et sa tension de l'atmosphère.

En comparant les changements relatifs du degré de l'humidité avec les oscillations relatives de l'émission de vapeur d'eau, on voit que l'humidité et l'émission de vapeur d'eau sont en rapports réguliers.

SÉRIE.	SÉCHERESSE RELATIVE.	ÉMISSION DE VAP. D'EAU
I	100 : 55.7	100 : 69.9
II	100 : 46.9	100 : 26.0
III	100 : 33.3	100 : 40.0
Moyennes : 100 : 45.3		100 : 42.6

Donc, si la sécheresse relative varie de 100 à 45, l'é-

mission de vapeur d'eau tombe de 100 à 43 et diminue par conséquent dans le même rapport.

TABLEAU 6

SÉRIE	100 0/0	75 0/0	50 0/0	25 0/0
1	134	96	58	20
2	120	82	44	7
3	134	102	70	38
4	146	117	86	56
MOY.	534	397	258	121

On obtient des nombres moyens 534, 397, 258, 121 qui se comportent comme

$$100 : 74,3 : 48,3 : 22,7$$

c'est-à-dire absolument comme les oscillations de la sécheresse relative. Il est donc démontré que les oscillations de l'humidité et de la sécheresse relatives produisent toujours de l'émission de vapeur d'eau par l'animal et cela dans des conditions variables avec son état.

Nous trouvons que l'émission de vapeur d'eau et l'humidité sont en proportion directe. C'est un fait expérimental. Mais il est très probable que ce n'est pas là un phénomène purement physique.

Si donc à température haute ou basse, l'émission de vapeur d'eau dépend de l'humidité relative de l'air, on voit en même temps que le déficit de saturation et le déficit de tension ne peuvent pas servir de mesure pour l'émission de vapeur d'eau. On peut encore le démontrer par des chiffres. Prenons les résultats des 3 premières expériences. On a :

TABLEAU 7

SÉRIE	CHANGEMENT DE L'ÉMISS. DE VAP. EN 0/0	CHANGEMENT DU DÉFIC. DES SAT. EN GR.	POUR 1 GR. DE DÉF. DE SATUR. L'ÉMISS. DE VAP. CHANGE EN %
1	39.1	3.96	9.1
2	73.0	6.05	12.6
3	60.0	3.79	15.8

A variation égale du déficit de tension, l'émission de vapeur change bien plus à température basse qu'à température élevée.

SÉRIE VII

Expériences pendant 6 jours portant sur un chien préalablement amaigri par une diète absolue et nourri ensuite avec 80 grammes de viande et 40 grammes de graisse, ce qui représentait 350 calories ; l'animal ayant besoin de 222 calories, il recevait par conséquent 57 % de plus qu'il lui fallait.

TABLEAU 8

TEMPS	VENTILATION EN CBM.	APPORT D'EAU EN GR. PAR CBM.	L'AIR CONTIENT A SATURATION	SÉCHERESSE RELATIVE	ÉMISSION DE VAPEUR EN 24 HEURES
20.2	22.9	2.172	17.4	87.3	65.840
20.2	22.7	4.792		66.6	54.524
20.2	27.	2.200		87.3	67.442
20.2	23.	4.766		66.6	59.451
20.2	23.5	9.808		43.6	46.437
20.2	21.7	9.715		44.2	44.471

Les moyennes sont :

	Emission de vap. d'eau en 24 h.	Déficit de satur. en gr.	Sécheresse rel. en 0/0	Humidité rel. en 0/0
Air sec.....	66.64	15.2	87.3	12.7
Air humide....	56.98	12.6	66.6	33.3
DIFFÉRENCE.....	9.66	3.6	20.7	20.6
Air humide.....	56.98	12.6	66.6	33.3
Air très humide....	45.45	7.6	43.9	56.1
	11.53	5.0	22.7	22.7

L'influence de l'humidité relative sur l'émission de vapeur d'eau est moindre que dans les expériences précédentes.

Chez un animal richement nourri, une grande humidité atmosphérique diminue l'émission de vapeur d'eau en quantité moindre que chez l'animal peu ou pas nourri.

L'influence de la température sur l'émission de vapeur d'eau. — Dans ces expériences j'ai cherché à ne pas faire varier l'humidité relative, cela n'a pas été toujours possible.

Le cobaye en expérience recevait de la nourriture une fois par jour après l'expérience. Il se trouvait dans l'état d'inanition partielle et maigrissait progressivement.

SÉRIE I

Le cobaye est exposé à des températures de 0-15-30°.

TABLEAU 9

T°	DÉFICIT DE SATURATION	HUMIDITÉ REL.	SÉCHER. REL.	ÉMISSION DE VAP. D'EAU EN 3 HEURES		ACIDE CARBONIQUE
				EN GR.	A SÉCHER. ABSOLUE	
		0/0	0/0			
0	2.6	44	56	1.145	2.04	4.021
15	10.7	15	85	1.090	1.28	2.795
30	29.6	6	94	2.366	2.51	1.917

A 15° on a un minimum d'émission de vapeur d'eau, à 0° le nombre est accru et à 30° il est considérablement augmenté.

SÉRIE II

La température varie de 0 à 25°.

TABLEAU X

T°	DÉFICIT de saturation	HUMIDITÉ rel.	SÉCHERESSE rel.	ÉMISSION DE VAP. D'EAU en 3 heures.		ACIDE carbonique.
				en gr.	à séch. abs.	
0	3.1	32.0	68	1.303	1.94	4.468
15	11.7	11.6	88	1.371	1.55	3.349
25	22	6.3	94	1.809	1.92	2.562

De ces deux expériences on peut conclure que l'émission de vapeur d'eau est un phénomène purement physiologique de l'organisme.

SÉRIE III

D'où les moyennes :

TABLEAU XI

T°	DÉFICIT de saturation.	HUMIDITÉ rel.	SÉCHERESSE rel.	ÉMISSION DE VAP. D'EAU en 3 heures.		ACIDE carbonique.
				en gr.	à séch. abs.	
10	7.5	17	83	1.507	1.81	3.800
20	15.8	9	91	1.842	2.02	2.775
30	40.2	4	96	2.531	2.63	2.087

A température croissante l'émission croit d'abord lentement et ensuite vers 25° rapidement. L'animal a été calme.

Maintenant, pour faciliter la vue d'ensemble, nous avons réuni les chiffres obtenus en un seul tableau. Tab. 12.

Le minimum d'émission de vapeur d'eau est entre 10-20°

TABLEAU XII

SÉRIE	T°	DÉFICIT de satur. en gr.	HUMIDITÉ rel. en o/o.	SÈCHESSE rel. en o/o.	ACIDE carb. émis.	ÉMISSION DE VAP. D'EAU par 3 heures		NOMBRE TOTAL	
						en gr.	calculée à séch. abs.	acide carb.	vap. d'eau à séch. abs.
I II	0°	2.6	44	56	4.021	1.145	2.04	4.234	1.99
		3.1	32	68	4.468	1.303	1.94		
III	10	7.5	17	83	3.800	1.507	1.81	3.800	1.81
I II	15	10.7	15	85	2.795	1.090	1.28	3.072	1.44
		11.7	12	88	3.349	1.371	1.55		
III	20	15.8	9	91	2.775	1.842	2.02	2.775	2.02
II	25	22.0	6	94	2.562	1.809	1.92	2.562	1.92
I IV	30	29.6	6	94	1.917	2.366	2.51	2.411	2.52
		29.2	3	97	2.140	2.462	2.53		
III	35	40.2	4	96	2.087	2.531	1.63	2.087	2.53

La construction d'un graphique (fig. 3 du mémoire) montre que la courbe de la température décroît progressivement de 0° à 15-16°, puis elle monte d'abord rapidement, ensuite plus lentement.

A température croissante on trouve une diminution progressive de la quantité d'acide carbonique (produc-

tion de chaleur) et avec une diminution du rayonnement ou de conduction de chaleur on trouve une augmentation de l'émission de vapeur d'eau, ou si l'on considère l'abaissement de la température on voit une diminution de l'émission de vapeur avec l'augmentation de la perte de chaleur.

SÉRIES I ET II

Deux chiens sont soumis dans mon calorimètre à des températures de 7°, 15°, 25°. Ils ne reçoivent que de l'eau.

MOYENNE DES DEUX EXPÉRIENCES

T°	ÉMISSION DE VAP. D'EAU	CHIFFRES REL.
7.3	19.3	100.0
14.8	23.0	119.2
20.2	26.6	137.2
25.2	27.7	143.1
30.0	42.9	221.2

Nous en concluons que l'émission de vapeur d'eau par le chien dépend également de la température.

De 7°,3 à 20° la production de chaleur s'abaisse, en même temps l'émission de vapeur d'eau augmente. L'émission de vapeur d'eau par un organisme est donc déterminée.

1° D'après la courbe de la température.

2° D'après l'humidité ou la sécheresse relative.

Chez l'animal en inanition, l'humidité relative a une influence plus considérable que la température. C'est seulement entre 22° à 30° que la température a une forte action. »

*
* *

Dans les expériences, nous avons constaté que la perte de poids indique l'émission de vapeur d'eau ; on a en effet évalué le quotient respiratoire de chaque sujet en expérience.

Les pertes de poids constatées sont telles, que l'erreur dûe aux échanges gazeux proprement dits O^2 et CO^2 , sont négligeables et que les chiffres trouvés peuvent être considérés comme représentant la perte d'eau. Les moyennes que nous indiquons un peu plus loin sont les résultats des 51 expériences portant sur 3 sujets de poids très voisin : 65 kilogrammes.

Les observations ont été divisées en deux groupes. Dans le premier nous nous sommes occupés simplement de la température lue sur le thermomètre mouillé, dans la seconde de la température lue sur le thermomètre sec.

Les résultats ont été les suivants :

§ 1. — Thermomètre mouillé.

Ventilation : perte de poids autour de 25° : 527 gr.; autour de 29° la perte est de 450 gr.

Avec ventilation : autour de 25° la perte d'eau est de 1340 gr.; autour de 29° la perte est de 930 gr.

On voit donc que dans un air relativement humide, la ventilation augmente la perte de vapeur d'eau, mais

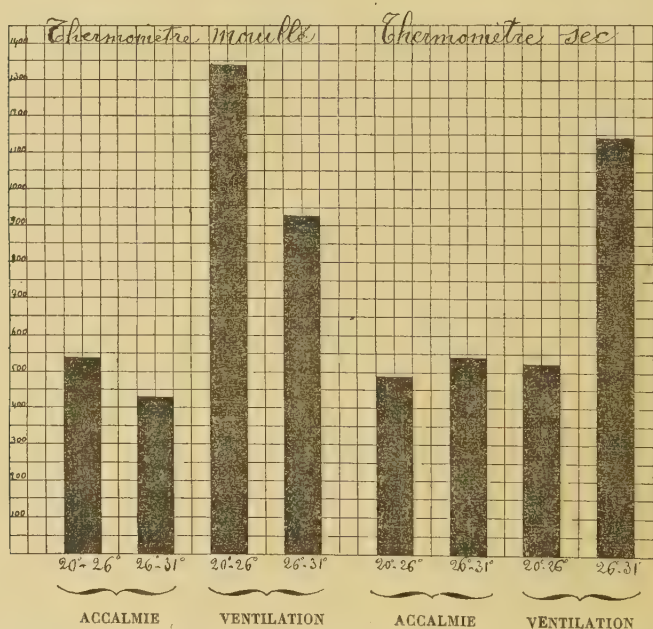
cette évaporation d'eau est surtout optima à 25° environ.
Une température supérieure la diminuait.

§ 2. — Thermomètre sec.

Sans ventilation autour de 25° la perte de poids est de 500 gr., autour de 29° elle est de 540 gr.

Avec ventilation autour de 25° elle est de 520 gr.;
autour de 29 elle est de 1140 gr.

On voit donc par ces expériences l'influence très nette
de l'état hygrométrique de l'air sur l'émission de vapeur



GRAPHIQUE III. — Influence de l'air sur la perte d'eau au bénéfice de la température et de l'humidité. — Les chiffres indiquent la vapeur d'eau perdue par heure calculée sur trois sujets de même poids.

d'eau. Dans ces dernières expériences, nous tenons compte seulement du thermomètre sec ; nous avons des résultats très différents de ceux des expériences précédentes, car si la ventilation augmente toujours la perte de poids, nous constatons encore une ascension dans la courbe d'évaporation d'eau pour des températures supérieures à 25° , alors que cette courbe baisse quand ces mêmes températures sont lues avec le thermomètre mouillé.

CHAPITRE VI

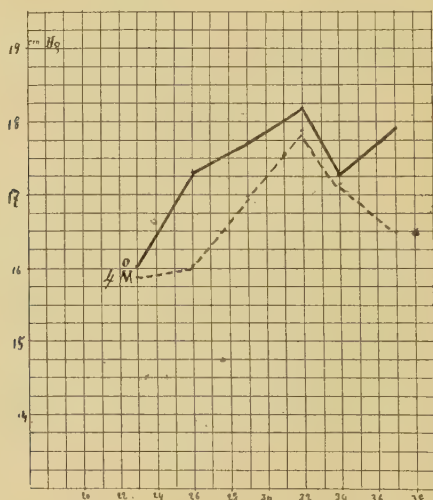
INFLUENCE DE LA VENTILATION SUR LA PRESSION ARTÉRIELLE

1° Au repos.

Les recherches ont porté sur l'influence exercée par la ventilation artificielle du milieu à température variable sur des sujets au repos.

Les pressions étaient prises avec les appareils déjà décrits (Pachon ou Amblard). Nous avons pu réunir 275 pressions prises sur 9 sujets différents.

Dans les températures oscillantes entre 20° et 41° et



GRAPHIQUE 4. — Influence de la vitesse de l'air sur la pression artérielle pendant le repos.

— pression pendant l'accalmie.
- - - - - pression pendant la ventilation.

avec un milieu hygrométrique variant de 70 à 95 % d'humidité, le degré de saturation de vapeur d'eau était déterminé par le psychromètre. La pression était mesurée après un séjour au moins de 15 minutes dans les conditions indiquées. Dans la plupart des expériences, les sujets étaient revêtus de la cote bleue ; dans quelques cas, ils avaient le torse nu jusqu'à la ceinture.

Températures	Moyennes de pressions sans vent.	Moyenne de pressions avec vent lat.
20°—23°	16	16
23°—26°	17,33	15,99
26°—29°	17,66	17,1
29°—32°	18,14	18
32°—35°	16,83	17
35°—38°	17,81	16,41
38°—41°	20	17
Moyenne	17,7	Moyenne 16,7

Il ne s'agit ici que des pressions maxima. Les oscillations de la pression minima sont très faibles.

Les expériences établissent très nettement une légère baisse de la pression maxima sous l'influence de la ventilation, baisse qui n'est pas constante, mais qui se présente la plupart du temps.

Sur les 210 observations réellement comparables parce qu'elles ont été prises sur le même sujet, le même jour, à une demi-heure d'intervalle :

115 fois la pression a baissé.

35 fois la pression est restée stationnaire.

60 fois elle s'est élevée.

2^e Pendant le travail.

Les mesures comparatives des pressions étaient prises

immédiatement avant le travail, mais après un séjour de 15 minutes au moins dans les conditions d'ambiance étudiées et immédiatement dans la minute qui suivait la fin du travail, quatre procédés de dépense enregistrés ont été utilisés.

1° Mise en marche d'un ventilateur à main ;

2° Ergographe de Mosso ;

3° Typtographe de Langlois ;

4° Bicyclette avec frein de Prony.

1° Avec la mise en marche du ventilateur, le travail durait 3 minutes avec une moyenne de 33 tours à la minute.

Thermomètre sec	Thermomètre humide	Nombre d'observations	Nombre de sujets	Ventilation 0		Ventilation 5 mètr. 50	
				avant travail	après travail	av. trav.	apr. trav.
22	18 cent.	8 cent.	6	18 cent.	20	18	19
38	25 —	5 —	5	18 —	20	17	18

2° Ergographe de Mosso.

Soulèvement d'un poids de 2 kilogrammes suivant un rythme variant de 60 à 80° par seconde jusqu'à la fatigue. Les pressions n'ont pas été prises exactement après le même temps de travail pour tous les sujets mais quand la fatigue amenait l'arrêt de l'expérience.

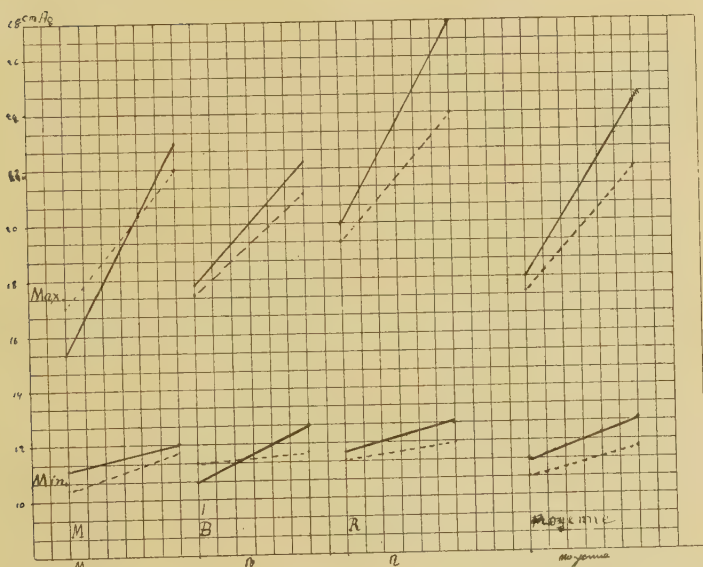
Thermomètre sec.	Thermomètre humide.	Ventilation 0		Ventilation 5 mètres	
		avant travail	après travail	avant travail	après travail
27	24	19	19,5	18,5	19
33	26	19	19,5	19	19

3° Avec le typtographe de Langlois.

L'appareil n'est pas encore suffisamment au point pour que l'on puisse tirer des résultats obtenus des conclusions assez précises.

4° Avec la bicyclette munie d'un frein de Prony (Voir les photographies insérées à la fin de ce travail). Cet appareil est certainement celui qui permet le travail le mieux déterminé et le plus prolongé.

Thermomètre sec.	Thermomètre humide.	Ventilation 0		Ventilation 5 mèt. 50	
		avant travail	après travail	avant travail	après travail
—	—	—	—	—	—
25	20	17	22	17	21
38	25	18	25	17,5	23



GRAPHIQUE 5. — Influence de la ventilation sur la pression artérielle pendant le travail.

Etude sur 3 sujets et moyenne en résultant.

Le début de chaque ligne indique la pression avant le travail, la fin, la pression prise immédiatement après le travail.

— accalmie,
- - - ventilation.

La moyenne des expériences sans tenir compte ni de la température, ni de l'état hygrométrique, donne :

SANS VENTILATION		AVEC VENTILATION	
avant le travail.	après le travail.	avant le travail.	après le travail.
7.5	25	17	22
Soit une augmen- tation de		28 %.	
38 %.			

En dehors de toute autre considération on peut donc affirmer que sous l'influence d'une ventilation entre 4 et 6 mètres à la seconde, l'élévation de la pression artérielle due au travail est sensiblement diminuée.

3° Influence de la ventilation sur la pression artérielle sur le chien en état de veille, et en état de narcose.

En même temps que les expériences précédentes, faites sur l'homme, d'autres ont été poursuivies simultanément sur des chiens. Nous citons ici la plus caractéristique.

Expérience d'un chien à poils ras de 10 kilos attaché sur une planche et mis dans la galerie d'expérience, où la température 22° sec et 16° thermomètre humide, les registres fermés, ne permettent qu'une ventilation de 1^m. 10. La pression prise dans la fémorale oscille entre 12,5 maxima et 10,5 minima.

Ouverture des registres, la vitesse de l'air passe de 1 m. 20 à 4 m. 40. La pression maxima s'élève immédiatement à 14°. Fermeture des registres la vitesse retombe à 1 m. 20. La pression baisse graduellement de deux centimètres.

Ouverture des registres. La pression passe de 11,5 à 13 pour retomber à 11,5 à la fermeture. Par le jeu des registres, on augmente progressivement la vitesse et la courbe de la pression suit une marche parallèle.

Vitesse	1 mètre 70	2 mètres 85	4 mètres 30
Pression.....	11 cent 5	12 cent. 5	13 cent. 5

Il suffit en pleine vitesse de placer un écran devant l'animal pour faire baisser la pression rapidement de 1 cent. à 1 cent. 5. La pression remonte quand l'écran est retiré.

Il est intéressant de noter les résultats obtenus sur l'homme resté pendant l'expérience à côté du chien et soumis aux mêmes influences.

Heure.	Vitesse.	HOMME		CHIEN
		Pression maxima.	Pression minima.	
3 h. 10	4 ^m 15	19.5	11	13
3 15	0	17.5	11	11.5
3 25	2 85	17	11	12.5

Dans le cas actuel, homme et chien ont donné des variations de pressions identiques, mais il faut rappeler que c'est là au moins pour l'homme un cas anormal.

L'animal est ensuite anesthésié avec le chloralose. La pression reste alors constante, les variations de ventilation, la mise en place de l'écran ne sont pas visibles sur le tracé.

L'influence de ce ventilateur disparaît donc avec l'anesthésie générale.

DATES ET HEURES	NOMS	TEMPÉRATURE AU PSYCHROMÈTRE	VITESSE EN SECONDES	TRAVAIL				RESPIRATION				POIDS	TEMPÉRATURE BUCCALE	POULS	PRESSIIONS ARTÉRIELLES	OBSERVATIONS
				KILOGRAMMES AU PNEU	TEMPS	NOMBRE DE TOURS	TRAVAIL TOTAL EN KILO- GRAMMÈTRES	RYTHME	AIR RESPIRÉ PAR MINUTE	CO ²	O ²					
20-4-10					Min.				Litres.							
2 35	D.	15-12	1.15	3	9	40	4.320		24.2	CO ²	O ²	99.400		90	19-12-4	
		21-16						15	23.5	2.3	2.4			104	22-13-4	
									25.4							
3 8	"	25.4-18.4	1.30	4	9	40	5.860	20	40.5						21-14-4	
								21	42.5	4.3	4.4					
		27.2-19.6						19	44.7			99.100		112	23-16.5	
3 50	M.	31.4-22	1.80	4.5	9	34	5.508	33	32.7			68.350		54	19-12.1.5	
		33-23						33	27.2							
		33.4-23.2						34	40.4			68.450		116	23-15.3	
4 15	D.	34.7-23						17	43	5.3	6.2	98.500		98	21-15.4	
		34.6-23	4.20	4.5	9	45	6.561	22	50							
		34.6-23.2						26	58.7			98.450		112	26-16.5	
4 35	M.	34.4-23.2						32	27.3	4	4.3	67.950		51	18-12.3	

5 30	M.	32-26	0	4	9	30	4.320	32	—	—	—	67.550	112	22-14.5
		30-25										67.550	110	20-12-4
												67.450	118	27-14-3.5
6-5-10														
2 30	B.	27-21	0	3	9	50	5.400	29	38.250	4.2	4.4	65.420	100	17-11.5
		31-24												
		32-24						24	35.590			65.300	130	21-14.5
2 50	R.	38.2-28.6				55		28	47.300			65.700	108	19-13.6
			0	3	8.38		4.900	38	55	4.5	5.3			Résistance à l'inspir. à la dernière minute. Coude.
		40.6-30.4				45		24	35.500			65.620	140	31.5-16.7
3 26	B.	38.6-28.8	4.30	3	9	51	5.508	26	59.550	4.6	5.3	65	144	21-14.4
3 49	R.	38.4-26.8						29	50.900			64.700	136	29-16.5
		38-26.6	4.30	3	9	57	6.156	41	51.600			65.300	110	18-14.4
		37.4-26						35	48.950	4.4	5.2	65.220	120	29-14.6
														Résistance à l'inspiration. Coude.

DATES ET HEURES	NOMS	TEMPÉRATURE AU PSYCHROMÈTRE	VITESSE EN SECONDES	TRAVAIL				RESPIRATION				POIDS	TEMPÉRATURE BUCCALE	POULS	PRESSIONS ARTÉRIELLES	OBSERVATIONS
				KILOGRAMMES AU FREIN	TEMPS	NOMBRE DE TOURS	TRAVAIL TOTAL EN KILO- GRAMMÈTRES	RYTHME	AIR RESPIRÉ PAR MINUTE	CO ²	O ²					
12-5-10									Litres.							
3 25	B	40.6 29.2		4				35	29.900			68.050		92	11-9-1	
		45.8-30.4	0		12	38	7.296	30	34.350	4.9						
		40.4-29.4						31	34.490							
3 57	B.	38 -31		4				34	44.500			68.010		116	17.5-11.1	
		39 -29						20	28.50			65.620		98	11.5-8.5-1	
		40 -29.4	0		12	42	8.004	28	23.500	5						
		38 -28						22	25.600							
4 35	M.	41 -27	2.80	4	12	40	8.080	23	31.750			65.530		124	15-11.1	
								36	36.600			67.800		100	13.5-10.4	
								38	34.100	3.9						
								31	36.650							
5	B.	41.4-27.2						33	41.850			67.550		128	16.5-11.1	
		41.4-21						30	31.300			65.100		115	16.9-1.5	
								29	34.400	3.9						
			2.50	4	12	46	8.828	25	35.400							
								27	39.900			65		135	17.5-10.1	La vitesse en seconde est de 2m50 au niveau de la bicyclette et de 4m50 au fond de la mine).
5 15	M.	42 -27	0	4	40	40		32	36			67.300		95	16-9.3	

DATES ET HEURES	NOMS	TEMPÉRATURE AU PSYCHROMÈTRE	VITESSE EN SECONDES		TRAVAIL				RESPIRATION			POIDS	TEMPÉRATURE BUCCALE	POULS	PRESSIONS ARTÉRIELLES	OBSERVATIONS
			KILOGRAMMES AU FREIN	TEMPS	NOMBRE DE TOURS	TRAVAIL TOTAL EN KILO- GRAMMÈTRES	RYTHME	AIR RESPIRÉ PAR MINUTE	ÉCHANGES GAZEUX							
4 25	B.	41.5-30	4	Min. 4 10	48	7.680	26 27 41	26 27 41	38.500 42.500			63.600 63.350	37.4 37.5	140 122	20-12.4 22-12.5	
2 15-10																
3 14	R.	35-27	3.60	4 10	42	8.460	32 30	46.900 55.350	3.2 3.2	0.2 3.2		65.330 65.200	37.3 37.6	92 116	20-11.2 23-11.5	
3 40	M.	36-30	2.60	4 10	40	6.080	32 34	40.480 45.140	3.2 3.3	3.3		68.400 68.200	37.3 37.3	78 116	49-9.4 24-10.5	
4 15	R. nu	37.2-32	0	4 10	60	8.700	34 42	58.550 70.20	3.9 4	4		63.850 63.770	37.5 38.4	116 130	20-11.3 27-11.7	
4 35	R. nu	35.4-30.4	0	3.500	56	4.850	29 44	38.250 47.750	2.9 3	3		66.200 66.200	37.6 37.6	96 96	45-10.3 45-10.3	

2 45	R	26.5-24.4	0	4	15	50	13,440	31	52,800	3.9	4	65,100	37.5	410	19-12-4,5
		26.6-22				60		33	54,250				36.8		
		26.8-22.2				62		35	54,100			65	37.5	130	27-13-7
3 40	R	29 -25.2		4	15	60		32	58,150	3.5		64,900	32.5	145	20-10-3
		28.6-24.6				60		35	61				37.8		
		27 -24.4				66	14,880	34	61			64,700	37.5	146	29-10-5
2 15	B	27.2-22	0	4	10	50	8,000	32	50,200	3.8	3.9	65,150	37.4	92	19-11-4
		27.4-22.5						30	52			65,100	37.5	145	27-12-6
	B	28.5-23	0	4	10	52	8,320	30	50	3.4	3.5	65,050		100	20.5-12-3
		28.2-22.8						35	50,800			64,875		146	28-12-5
	B	28.5-22.8	3 60	4	10	58	9,280	34		3.9		64,900			18-11-3
		29 -23						36				64,700			22-11-4
	B	29 -23	3 60	4	10	54	8,640	32		3.5		65,550		19	11-11-4
		29.2-23.2						36				64,320		25,5	12-4
2 20	B	24.6-22	0	4	15	50		23	38,750	4.1	4.3	63,900	36.4	84	16-11-4
		24 -21.4				40	10,320	23	40,900				36.1		
		24.1-21.2				40		25	42,350			63,820	36.4	108	27-12-4

DATES ET HEURES	NOMS	TEMPÉRATURE AU PSYCHROMÈTRE	VITESSE EN SECONDES	TRAVAIL				RESPIRATION			POIDS	TEMPÉRATURE BUCCALE	POULS	PRESSIONS ARTÉRIELLES	OBSERVATIONS		
				KILOGRAMMES AU FREIN	TEMPS	NOMBRE DE TOURS	TRAVAIL TOTAL EN KILO- GRAMMÈTRES	RHYTHME	AIR RESPIRÉ PAR MINUTE	ÉCHANGES GAZEUX							
2 50	R	24 — 21	0	4	Min.	56	14.400	29	Litres.	3.9	4	64.700	37.4	92			
		24.4—21.6			58		36	53.250			36.2						
		25 — 22.6			66		38	57.300			64.500	37.4	128				
3 10	B	25 — 22.8	0	4	45	66	11.280	26	46.400	4.1	4.2	63.750	37.4	86	17—10—3		
		24 — 22			52		26	50			36.6						
		25 — 23			48		26	50			63.600	37.4	116				21—11—5
					23		26	50									
3 35	R	24.6—22.8	0	4	8	62	7.552	25	52.500			64.500	37.4	100	17—9	A la 8 ^e minute chaîne de la bicyclette cassée, expérience interrompue.	
		25.8—23			56		34	55.500			64.350	36.4	110				22—11—4
		25 — 23															
4 10	R	25.4—23	0	4	12	56	10.560	38	62	3.7	3.8	64.250	37.4	110	19—11—3	Expérience interrompue à la fin de la 12 ^e minute à cause de fatigue.	
		24.4—23.2			50		36	53.750			37.4						
		26 — 24			60		37	51.150			64.200	36.2	124				23—11—3
4 45	B	36 — 30	0	4	45	54	11.850	25	48.250	4.2	4.3	63.450	37	88	22—11—2		
		35 — 30.4			44		29	51			36.9						
		35.4—30.2			50		26	48.300			63.30?	37.3	120				12—11—4

5 49	M.	34.2-29.8 33.8-29.4	0	4	45	44	40	27	32	28	52 300			37.4	124	27-10-4
		34.9-30 33-29.2						28	39	30	37,250	4.2	4.3	37.3	94	19-13-3
														36.3 3 m. après 38.1	114	25-12-4
4-6-10												CO ²	O ²			
3 15	R.	29.8-24.4 29.6-24.2 29.4-24.2	4	4	45	60	62	32	54			3.9	4	37.3	72	16.5-10-3
								35	60					36.5	100	27-10-4
								34	60,650					37.3	69	16.5-10-2
3 38	B.	29-24 28.8-23.8 28.9-24	3	4	45	50 54 58	64	29	59,750			3.9	4	37.3	100	28-11-2
								27	59,250					36	69	18.5-11-4
								28	58,900					36.5	80	19.5-12-4
	M. comme tempér.													36.9	104	27-12-3
4 45	R.	30-27.2 30-27.6 29.9-27.6	3	4	45	58	60 50 48	31	45,600			3.7	3.9	36.8	72	19-12-3
								32	56,500					37.2	92	19.5-12-3
								31	47,500					37.4	92	19.5-12-3
5 15	B.	30-27.6 29.8-27.8 30-27.8	5	4	45	48	54	32	50			4	4.2	36.9	92	19.5-12-3
								28	53,200					36.3	92	19.5-12-3
								30	49,250					36.9	92	19.5-12-3

Cette pression a été prise
5 m. après le travail.

[illegible]



PLANCHE I

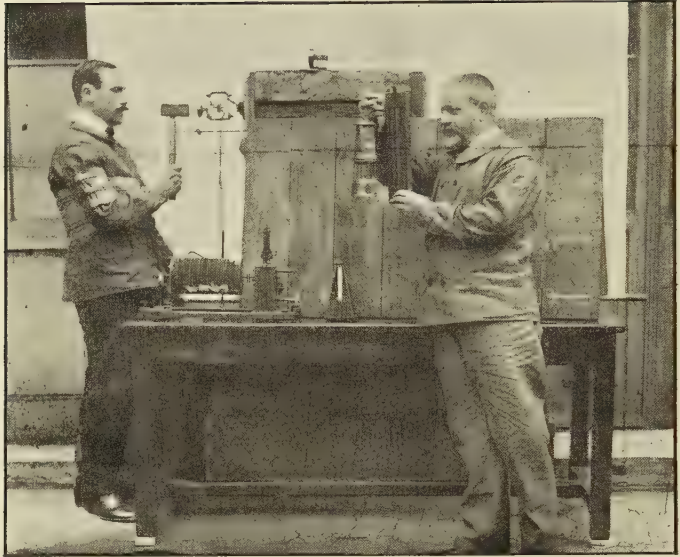


FIG. 1. — Travail sur une bicyclette ergométrique avec la soupape de Tissot. La pince nasale n'est pas en place. — 1. Frein de Prony. — 2. Métro-
nome. — 3. Récipient de 4 litres avec ballon régulateur. — 4. Appareil pour
prise de l'échantillon d'air. — 5. Spiromètre Verdun.



FIG. 2. — Travail sur la bicyclette ergométrique avec la soupape de Tissot. La base nasale n'est pas en place. — 1. Récipient de 100 litres. —
2. Moteur électrique avec ventilateur hermétique et renverseur de courant
permettant le brassage de l'air dans le récipient, l'évacuation de l'air vicié et
au besoin établissant pendant la respiration un courant d'air permanent
supprimant toute résistance des soupapes.

PLANCHE II



1

2

FIG. 1. — Travail au typographe et lecture à la lampe du psychromètre. — Le travailleur porte une large ceinture, avec brassard assurant l'immobilisation du bras, les muscles de l'avant-bras seuls travaillant. Chaque inflexion du ressort du typographe est enregistré sur le cylindre.

Les deux thermomètres du psychromètre sont protégés par une gaine en bois, et la lecture est faite par transparence sans que la lame de sûreté puisse échauffer les cuvettes.



FIG. 2. — Travail au typographe. Dans la position du travail des mineurs dits à col tordu. — Le travailleur a dans la bouche la sonde thermo-électrique. Prise de pression artérielle après le travail avec l'oscillomètre de Pachon.

PLANCHE III



Travail au typographe et au poids. — La ceinture étroite porte le tube de la sonde rectale thermo-électrique appareil Laulanié.

CONCLUSIONS

En milieu dépassant 25° au thermomètre mouillé, la ventilation exerce une influence sensible sur l'organisme.

Dans l'air au repos, le malaise est certainement appréciable dès cette température ; il cesse immédiatement aussitôt que le mouvement de l'air atteint 1 mètre de vitesse.

A 30° mouillé, le sujet, même au repos, est très mal, quand l'anémomètre reste immobile ; quand la ventilation atteint 2 mètres, le séjour est très supportable.

Pendant le travail, le sujet, laissé à lui-même, produit une somme de travail plus considérable quand, la température du thermomètre mouillé étant au-dessus de 25°, on assure une ventilation de 1 à 5 mètres.

En dehors de ces observations subjectives, la méthode expérimentale permet de donner des chiffres.

La pression artérielle baisse légèrement sous l'influence de la ventilation pour des températures supérieures à 22°. L'écart devient très sensible quand la température (thermomètre sec) s'élève entre 37 et 40 degrés.

Les écarts sont plus marqués encore si le sujet se livre à un travail énergique.

En moins de 15 minutes, la pression artérielle, après un travail à la bicyclette munie d'un frein de Prony

indiquant 4 kilogrammes, augmente de 33 à 38 0/0 sans ventilation (de 18 à 25 cent.), alors que cette augmentation n'est que de 28 0/0 avec une ventilation de 4 mètres.

La perte en eau d'un sujet travaillant dans ces conditions varie suivant la température et l'état hygrométrique.

Si on groupe les observations, en ne tenant compte que du thermomètre mouillé ou que du thermomètre sec, on arrive à ces résultats :

Après 15 minutes de travail à 25°, thermomètre mouillé et sans ventilation, le sujet perd 527 gr. d'eau par heure.

A 29°, thermomètre mouillé, sa perte est de 450 grammes.

Dans les mêmes conditions, mais avec ventilation, la perte d'eau est, dans le premier cas (25°), de 1340 gr., et dans le second cas (29°), de 930 gr.

Avec thermomètre sec et le même travail, à 24° la perte d'eau, sans ventilation, est de 500 gr. et à 29° et au-dessus de 540 gr.

Avec ventilation, à 25°, la perte d'eau est de 520 gr. ; à 29° et au-dessus, de 1140 gr.

En ce qui concerne le rythme et la quantité d'air expiré, les observations de Wolpert se trouvent conformes. D'une façon générale, le mouvement de l'air augmente la fréquence du rythme et la grandeur de la ventilation.

Bien que dans nos tableaux on puisse trouver des chiffres permettant d'étudier la machine humaine dans ces conditions diverses, nous ne croyons pas devoir

insister sur cette question si importante et qui fait l'objet des méthodes actuelles; disons cependant que tout démontre l'heureuse influence de la ventilation sur le rendement du moteur humain.

BIBLIOGRAPHIE

- André. *Hygiène de l'Industrie du Fer*, thèse de Nancy 1809.
- Belli. *El Lavoro negli Ambrenti a temperatura elevata*.
- Brown Sequard et d'Arsonval. Recherches démontrant que l'air expiré par l'homme et les mammifères contient un agent toxique puissant. *Comptes-rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, 1888, t. CVI, p. 106.
- Beu. Untersuchungen über die Giftigkeit des Expirationsluft. *Zeitschrift für Hygiene*, 1893, t. XIV.
- Flügge. Ueber Luftverunreinigung Wärmerstanung und Lüftung in geschlossenen Räumen. *Zeitschrift für Hygiene*, t. IXL, 1903, p. 363.
- Formanek. Ueber die Giftigkeit der Ausathmungsluft. *Archiv für Hygiene*, t. XXXVIII, 1900, p. 1.
- Garrelon et Desbouis. Influence de la ventilation sur la pression artérielle chez le chien en état de veille et en état de narcose. *Soc. de Biol.*, juin 1910.
- Glibert. L'Hygiène de l'Industrie Minière au Congrès de Milan, 1906. *Annales des Mines de Belgique*, t. XII, 1907.
- Hermans. Ausathmung organischer Substanzen durch den Menschen. *Archiv für Hygiene*, t. I, 1883.
- Hutchinson. Cassel, 1871, t. I, p. 3. Thorax, in Todd's *Cyclopædia*.
- Haldane. *The investigation of mine air*, p. 127.
- The influence of High air Temperatures. *Journal of hygiene*, t. V, 1903, p. 494.
- Haldane, Martin and Thomas. *Report on the Health, of Cornish Mines*, 1904.
- Langlois. Influence de la ventilation sur l'organisme. *Soc. de Biol.*, juin 1910.
- *Précis d'hygiène*, 1909.
- Sur les conditions physiologiques des mineurs. *Rapport au Comité central des mines*, 1910.

- Lehman. Und Jessen ueber die Giftigkeit der Expirationsluft. *Archiv für Hygiene*, t. X, 1890.
- Merkel. Neue untersuchungen über die Giftigkeit der Expirations luft. *Archiv. für Hygiene*, t. XV, 1892. .
- Momo Carlo. Igiene delle Gallerie. *Congrès intern. des maladies du Travail*, Milan, 1906.
- Pettenkofer. *Zeitschrift für Biologie*, t. XI, p. 532.
- Pettenkofer und Voit. *Zeitschrift für Biologie*, t. V, p. 369.
- Rauer. Untersuchungen über die Giftigkeit der Expirations luft, *Zeitschrift für Hygiene*, 1893, t. XV, p. 57.
- Routhier et Marcou. Influence de la ventilation sur la pression artérielle au repos. *Soc. de Biol.*, juin 1910.
- Routhier et Boussaguet. Influence de la ventilation sur la pression artérielle pendant le travail. *Soc. de Biol.*, juin 1910.
- Rühner. Die Beziehungen des Atmosphärischen Feuchtigkeit zur Vasserdampfabgabe. *Archiv für Hygiene*, 1890, t. II, p. 137.
- Stoffzersezung und Schwanhungen des Luftfeuchtigkeit. *Archiv für Hygiene*, 1890, t. II, p. 243.
- Vierordt. *Physiologie des Atmens*. Karlsruhe, 1845, p. 245.
- Wurtz. Sur la présence de bases volatiles dans le sang et dans l'air expiré. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 1888, t. CVI, p. 213.
- Nouvelles recherches démontrant que la toxicité de l'air expiré ne dépend pas de l'acide carbonique, *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, 1889, t. CVIII, p. 267.
- Wolpert. Über den Einfluss des Winds auf die Atmungsgrösse des Menschen. *Archiv. für Hygiene*, 1902, t. XLIII, p. 21.
- Ueber die Beziehungen zwischen Neuschlicher Atmung und Künstlicher Beleuchtung. *Archiv für Hygiene*, 1903, t. XLVII, p. 1.
-

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
CHAPITRE I. — Avant-propos. — Les idées de Flugge	9
CHAPITRE II. — La galerie de mine d'expérience	13
CHAPITRE III. — Ventilation dans les mines	21
§ 1. — Composition de l'air des mines.....	21
§ 2. — Les causes de la viciation de l'air.....	22
§ 3. — Cause de l'élévation de la température dans les mines.....	25
§ 4. — Température et humidité.....	29
CHAPITRE III. — Technique	32
CHAPITRE IV. — Influence du milieu ambiant sur la respiration	40
De l'influence du vent sur l'amplitude de la respiration de l'homme.....	40
Recherches originales.....	62
CHAPITRE V. — Influence de la vitesse, de la température et de l'état hygrométrique de l'air sur l'émission de vapeur d'eau	65
§ 1. — Thermomètre mouillé.....	77
§ 2. — Thermomètre sec.....	78
CHAPITRE VI. — Influence de la ventilation sur la pression artérielle	80
1° Au repos.....	80
2° Pendant le travail.....	81
3° Influence de la ventilation sur la pression artérielle sur le chien en état de veille, et en état de narcose.....	84
TABLES GÉNÉRALES.....	86
PLANCHE I.....	95
PLANCHE II.....	96
PLANCHE III.....	97
CONCLUSIONS.....	99
BIBLIOGRAPHIE.....	102

71426

